Environnement Canada Environment Canada

Qualité de l'eau à son entrée dans le fleuve Saint-Laurent, de 1977 à 1983

A. Sylvestre, K.W. Kuntz et N.D. Warry

ÉTUDE Nº 142, COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES ET DES TERRES
RÉGION DE L'ONTARIO
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX
BURLINGTON (ONTARIO) 1987

(Available in English on request)

Publié avec l'autorisation
du ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

Nº de cat. En 36-503/142F

ISBN 0-662-94500-X

Table des matières

	Page
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	v
INTRODUCTION	1
MÉTHODES	1
Échantillonnage et expédition des échantillons	1
Relevés autour de l'île Wolfe	1
Station permanente de l'île Wolfe	1
Mesure du débit	5
Analyse et archivage des données	5
Analyse des paramètres	5
Validation et archivage des données	5
Méthodes statistiques	6
Groupage et vérification des données	6
Analyse statistique	7
RÉSULTATS ET DISCUSSION	8
Représentativité de la station	8
Station de l'île Wolfe comparée aux stations environnantes	8
Station de l'île Wolfe comparée à une station de l'est du lac Ontario	8
Résultats obtenus à la station de l'île Wolfe	10
Éléments nutritifs	10
Conductivité spécifique et ions principaux	11
Métaux à l'état de traces	13
Charge entrant dans le fleuve Saint-Laurent en provenance du lac Ontario	14
CONCLUSIONS	15
RECOMMANDATIONS	15
REMERCIEMENTS	16
RÉFÉRENCES	16
ANNEXE A. Données sur le débit	19
ANNEXE B. Moyennes des transects	23
ANNEXE C. Valeurs à la station nº 78 et à l'île Wolfe	27
ANNEXE D. Données sur les éléments nutritifs	31
ANNEXE E. Données sur les ions principaux et la conductivité spécifique	37
ANNEXE F. Données sur les métaux à l'état de traces	55

Tableaux

		Page
1.	Relevés autour de l'île Wolfe, 1973, 1974, 1975 et 1977	3
2.	Paramètres analysés dans les échantillons d'eau de l'île Wolfe, de 1977 à 1983	5
3.	Intervalle statistique et nombre de valeurs aberrantes pour les éléments nutritifs, les ions principaux et les caractéristiques physiques	7
4.	Intervalle statistique et nombre de valeurs aberrantes pour les métaux à l'état de traces	7
5.	Décalage indiquant les valeurs quasi-indépendantes pour les paramètres mesurés à la station de l'île Wolfe, de 1977 à 1983	8
6.	Dates des missions et paramètres mesurés à la station nº 78, de 1976 à 1983	9
7.	Statistiques générales pour les éléments nutritifs à l'île Wolfe, de 1977 à 1983	10
8.	Comparaison des moyennes annuelles des éléments nutritifs à l'île Wolfe, de 1977 à 1983	11
9.	Statistiques générales pour la conductivité spécifique et les ions principaux à l'île Wolfe, de 1977 à 1983	12
10.	Comparaison des moyennes annuelles pour la conductivité spécifique et les ions principaux à l'île Wolfe, de 1977 à 1983	12
11.	Taux de variation (avec R^2) de la conductivité spécifique et des ions principaux à l'île Wolfe, de 1977 à 1983	12
12.	Statistiques générales pour les métaux à l'état de traces à l'île Wolfe, de 1977 à 1983	14
13.	Comparaison des moyennes annuelles pour les métaux à l'état de traces à l'île Wolfe, de 1977 à 1983	14
14.	Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (1978) :objectifs et violations pour les métaux à l'état de traces, de 1977 à 1983	14
15.	Charge annuelle dans le fleuve Saint-Laurent, de 1977 à 1983	15

Figures

Figure 1. Emplacement de la station d'échantillonnage de l'île Wolfe (STIW) et des transects 2

Figure 2. Système d'échantillonnage à la station permanente de l'île Wolfe 4

Figure 3. Groupage saisonnier en fonction des profils de température mensuels à la station nº 78, de 1977 à 1983 6

Résumé

Depuis 1977, des échantillons d'eau recueillis dans le chenal sud du fleuve Saint-Laurent, à l'île Wolfe, ont été analysés quotidiennement (éléments nutritifs) et hebdomadairement (principaux ions et métaux présents à l'état de traces). Les résultats des sept premières années de ce programme sont présentés.

L'analyse des données montre que les valeurs du pH et du phosphore total ont été sous-estimées. Il se produit presque chaque année, en août ou en septembre, une précipitation de carbonate de calcium. La concentration de la plupart des principaux ions, notamment le chlorure et le sodium, a diminué. Dans 90 % des cas ou plus, les valeurs obtenues pour les métaux présents à l'état de traces étaient conformes aux objectifs de la Commission mixte internationale.

La station de l'île Wolfe constitue un bon moyen de surveillance de la tendance générale des principaux paramètres relatifs à la qualité de l'eau. Cependant, une plus grande attention devrait être accordée aux problèmes du retard dans l'expédition et à celui des contenants.

Abstract

Daily nutrients analyses and weekly major ions and trace metals analyses have been performed since 1977 on water samples collected in the south channel of the St. Lawrence River at Wolfe Island. This report presents the results of the first seven years of this program.

Data analysis showed that pH and total phosphorus were underestimated. Calcium carbonate precipitation is suspected to occur almost every year in August or September. Most of the major ions have decreased, especially chloride and sodium. All trace metal data were below the objectives of the International Joint Commission in 90% of the cases or more.

The Wolfe Island station was found to be a good tool for following the general trend of the main water quality parameters. More attention, however, should be focused on the problems of shipping delays and containers.

Qualité de l'eau à son entrée dans le fleuve Saint-Laurent, de 1977 à 1983

A. Sylvestre, K.W. Kuntz et N.D. Warry

INTRODUCTION

Le Saint-Laurent est le deuxième fleuve en importance au Canada par sa longueur et l'étendue de son bassin versant. Son débit quotidien est le plus élevé de tous les cours d'eau du Canada. Il est un couloir important pour le transport vers l'intérieur du Canada et des États-Unis. Le fleuve sert également à la production d'électricité, à la pêche commerciale, aux loisirs et à l'industrie touristique. Les Grands Lacs, qui sont la source du réseau hydrographique du Saint-Laurent, constituent le plus grand réservoir d'eau douce au monde.

On reconnaît depuis un certain temps que la qualité de l'eau des Grands Lacs se détériore. Dans le but de répondre aux besoins évidents de freiner la pollution et d'améliorer la qualité de l'eau dans le réseau hydrographique des Grands Lacs, le Canada et les États-Unis ont signé en 1972, puis renouvelé en 1978, l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

Dans le cadre de leurs engagements en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, le Canada et les États-Unis ont exercé la surveillance et le contrôle du réseau hydrographique des Grands Lacs. Le programme de contrôle avait pour but de déceler les cas où les objectifs environnementaux de qualité de l'eau étaient violés, d'évaluer l'évolution de cette qualité et d'estimer l'importance des charges. La Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario (DQE-RO), qui participe à ces activités de contrôle, a établi en 1976 une station de contrôle quotidien de la qualité de l'eau, à Banford Point, sur la rive sud de l'île Wolfe, dans le chenal sud du Saint-Laurent.

Ce rapport contient la première évaluation complète des données sur la qualité de l'eau obtenues à cette station. Ces données sont comparées à celles d'une série de relevés, le long de transects effectués autour de l'île Wolfe et aux données obtenues lors des missions de surveillance dans la partie est du lac Ontario. Le rapport fournit de plus les variations saisonnières et les tendances à long terme des principales variables de la qualité de l'eau et présente des estimations de charge pour le fleuve Saint-Laurent. Il comprend également des recommandations sur de futures activités d'échantillonnage à la station de l'île Wolfe.

MÉTHODES

Échantillonnage et expédition des échantillons

Relevés autour de l'île Wolfe

En 1973, 1974, 1975 et 1977, la DQE-RO a effectué une série de relevés comparatifs sur la partie du fleuve Saint-Laurent entre Kingston et Cornwall. Durant les trois premières années, deux transects ont été échantillonnés dans le chenal nord et le chenal sud de l'île Wolfe, au mille 185 nord et sud, à égale distance environ de Longueuil (le point zéro). En 1977, un nouveau transect a été ajouté au mille 179 près de Banford Point (chenal sud) afin d'évaluer la similitude entre les données de ce transect et celles de la station de l'île Wolfe. La figure 1 montre l'emplacement de ces transects. Les dates, les transects et les paramètres échantillonnés sont résumés au tableau 1.

Dans tous les cas, l'eau a été prélevée à une profondeur d'environ 1 m, à l'exception du 12 juin 1977 où un échantillon a été prélevé à une profondeur de 15 m, aux stations 185 nord et sud afin de vérifier la stratification thermique et chimique. Les analyses sur le terrain ont été effectuées dans une remorque-laboratoire installée à Kingston. Les méthodes utilisées sont décrites dans le *Manuel des méthodes analytiques* (Environnement Canada, 1986).

Station permanente de l'île Wolfe

Description de la zone d'échantillonnage

La station d'échantillonnage est située à l'île Wolfe, entre Banford Point et la rive du fleuve qui se trouve en territoire américain, par 44°12′24″ de latitude N. et 75°14′18″ de longitude O. (figure 1). À cet endroit, le fleuve a environ 2.5 km de largeur. La prise d'eau se trouve à 122 m du rivage et à 5.5 m du fond dans une profondeur d'environ 13.5 m.

L'île Wolfe divise le fleuve Saint-Laurent en deux chenaux : le chenal sud reçoit environ 60 % de l'écoulement du lac Ontario et le chenal nord, le reste, soit 40 % (Casey et Salbach, 1974).

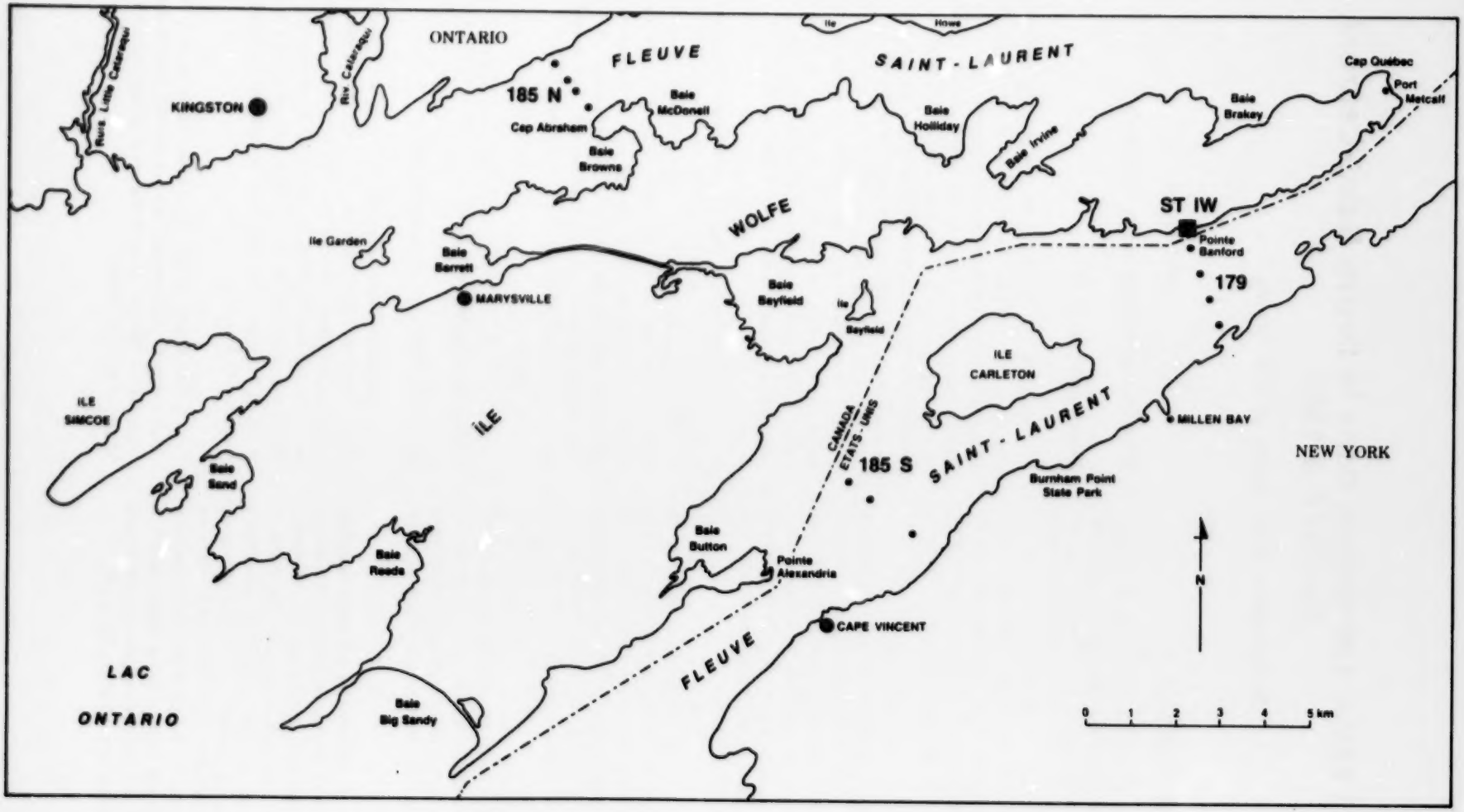

Figure 1. Emplacement de la station d'échantillonnage de l'île Wolfe (STIW) et des transects.

Tableau 1. Relevés autour de l'Île Wolfe, 1973, 1974, 1975 et 1977

Date	Coupes	Paramètres						
		pH	Conductivité spécifique	Phosphore total	Nitrates + nitrites	Azote total Kjeldahl	Ions principaux*	Métaux, état de traces †
73-05	185S-185N	X	X	X	X		X	
73-07	185S-185N	X	X	X	X		X	
73-09	185S-185N	X	X	X	X		X	
74-06	185S-185N	X	X	X	X		X	
74-08	185S-185N	X	X	X	X		X	X
74-10	185S-185N	X	X	X	X		X	X
75-06	185S-185N	X	X	X	X	X	X	X
77-05	185S-185N-179	X	X	X	X	X	X	X
77-06	185S-185N-179	X	X	X	X	X		
77-07	185S-185N-179	X	X	X	X	X	X	X
77-08	185S-185N-179	X	X	X	X	X		
77-09	185S-185N-179	X	X	X	X	X	X	X
77-10	185S-185N-179	X	X	X	X	X		

* Calcium, magnésium, sulfates, chlorures, sodium, potassium, alcalinité totale.
† Fer, cuivre, manganèse, zinc.

Banford Point, sur le chenal sud, a été choisi comme lieu d'échantillonnage le plus approprié pour l'établissement d'une station permanente de contrôle de la qualité de l'eau parce que l'influence de l'homme y est très faible. Le secteur n'est pas très peuplé, l'activité principale est l'agriculture, et il n'y a aucun affluent important en amont. De plus, étant donné que le chenal est très profond près du rivage, la prise d'eau peut être installée en eau profonde, loin de l'influence de toute activité riveraine.

Système d'échantillonnage

Le système d'échantillonnage (figure 2) consiste en une conduite d'adduction, une pompe, un échantillonneur automatique et deux minuteries. La conduite d'adduction est un tube de polyéthylène de 3/4 de pouce. Dans la partie proche du rivage, une section de 15 m de tuyau de 2 pouces a été placée par dessus la conduite pour la protéger des glaces durant l'hiver. On a également entouré la conduite de deux câbles chauffants utilisés couramment afin de prévenir le gel. Une série de poids de plomb fixés à quelques mètres de distance les uns des autres permet de garder la conduite immergée. Cette conduite est reliée à une bouée-espar ancrée qui permet à la prise d'eau de flotter librement. Cette prise d'eau s'étend perpendiculairement à la bouée à environ 0.25 m. De petits trous ont été percés dans la prise pour agir comme filtre grossier afin d'empêcher les petits poissons et les plantes aquatiques d'y pénétrer.

La pompe utilisée pour recueillir les échantillons quotidiens est une Moyno, modèle FA11.

L'échantillonneur automatique a été conçu et construit par la Section de génie de l'Institut national de recherche sur les eaux. Il peut contenir jusqu'à 24 bouteilles d'échantillons de 2 L faites de polyéthylène.

Le contrôle du système se fait par deux minuteries. L'une sert à faire fonctionner la pompe pendant une demi-heure toutes les heures afin de faire sortir l'air de la conduite, d'empêcher le gel et d'assurer un écoulement convenable de l'eau du système. L'autre minuterie contrôle l'échantillonneur automatique en déplaçant le bras d'admission d'eau de l'échantillonneur d'un drain vers la bouteille d'échantillon et ensuite vers le drain suivant.

Durant l'hiver, l'abri est chauffé pour empêcher le système et les échantillons d'eau de geler.

Expédition et conservation des échantillons

L'expédition des échantillons vers la DQE-RO au Centre canadien des eaux intérieures est assurée par une personne chargée de les recueillir. Les échantillons sont recueillis dans des bouteilles de 2 L en polyéthylène et expédiés toutes les semaines. Aucun agent de conservation n'est ajouté sur place sauf le lundi, alors que les échantillons sont séparés et qu'on ajoute à 1 L d'échantillon, 4 mL de HNO_3 à 50 % pour ensuite procéder à l'analyse des métaux à l'état de traces. Dès leur arrivée au laboratoire, les bouteilles sont entreposées à une température de 4 °C.

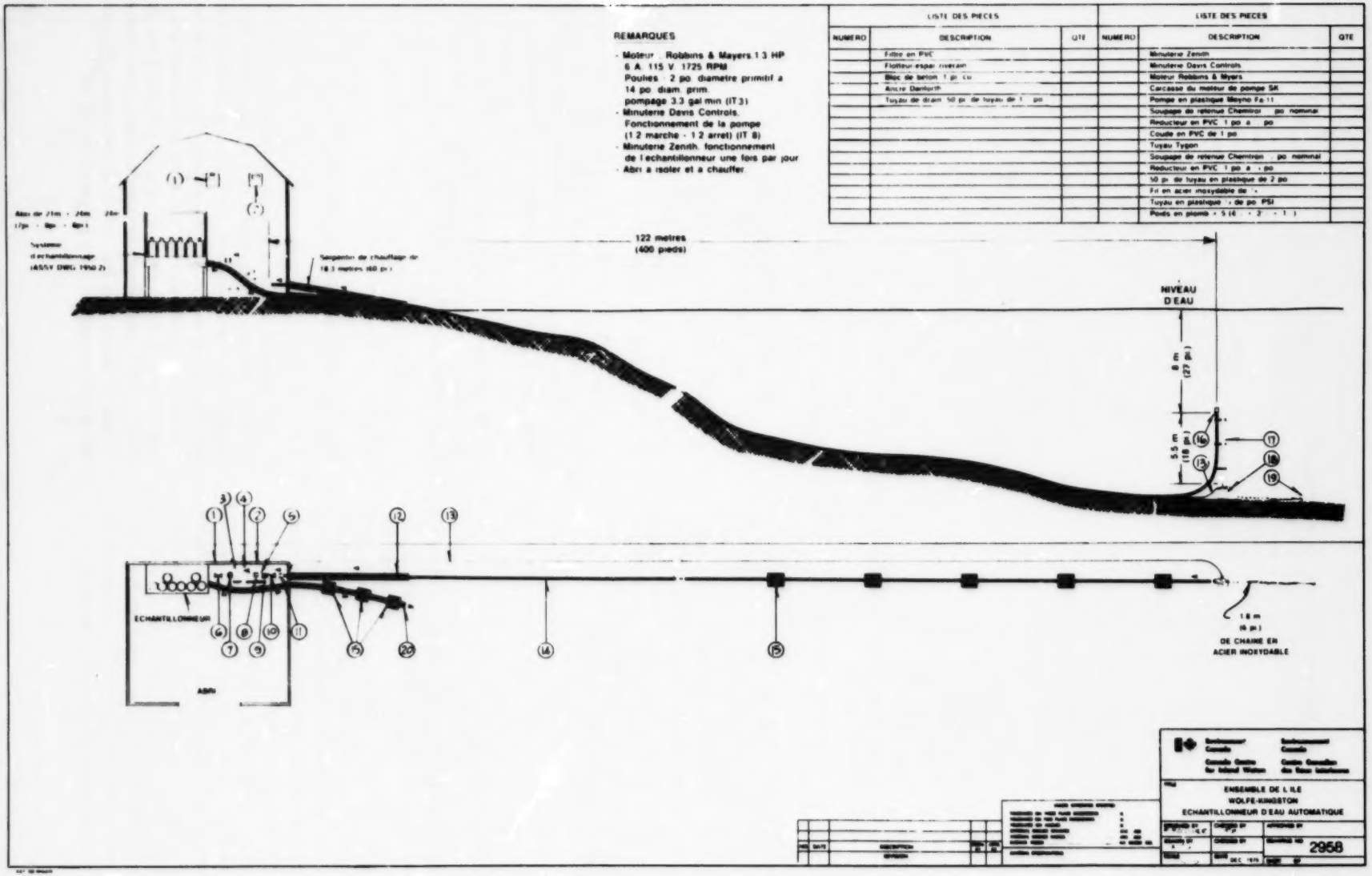

Figure 2. Système d'échantillonnage à la station permanente de l'île Wolfe.

En préparation de l'analyse, les échantillons sont versés dans deux bouteilles de verre de 100 mL. Une bouteille sert à l'analyse de l'azote total Kjeldahl et des nitrates + nitrites ($NO_3 + NO_2$), et l'autre bouteille, à laquelle on a ajouté 1 mL de H_2SO_4 à 30 %, sert à l'analyse du phosphore total. Chaque semaine, 125 mL d'eau sont versés dans une autre bouteille en polyéthylène et expédiés au laboratoire pour l'analyse des principaux ions.

La moyenne du délai entre la collecte des échantillons, leur conservation et leur réfrigération est d'environ deux semaines, mais elle peut à l'occasion dépasser un mois.

Mesure du débit

Le débit quotidien du fleuve est mesuré aux installations de contrôle de la centrale électrique Moses-Saunders à Cornwall, en Ontario. Puisque le temps d'écoulement de l'eau entre Kingston et Cornwall est d'environ neuf jours (P. Yee, Water Planning and Management, Ontario Region, Burlington, Ontario, communication personnelle, 1983), les débits de Cornwall ont été rétrogradés de ce laps de temps pour correspondre à ceux de l'île Wolfe. Toutefois, on n'a effectué aucune compensation pour l'apport des affluents (évalué à environ 1 % du débit total par Casey et Salbach, 1974) le long de cette section.

Le débit moyen de 1977 à 1983 a été de 7695 m^3/s. Les moyennes annuelles et mensuelles sont données au tableau A-1 (Annexe A). L'écoulement a augmenté à partir de janvier et a atteint un débit de pointe en juin (8213 m^3/s), pour ensuite diminuer légèrement durant l'été et augmenter à nouveau en octobre. À partir de novembre, il y a une forte diminution jusqu'à ce que le débit minimal soit atteint en janvier (6658 m^3/s).

La figure A-1 (Annexe A) montre que le débit a légèrement augmenté (618 m^3/s/an) entre 1977 et 1983. Il a augmenté pendant les deux premières années de l'étude, puis il a diminué jusqu'en 1982 pour finalement augmenter légèrement la dernière année.

Analyse et archivage des données

Analyse des paramètres

On a effectué quatre différents types d'analyse : caractéristiques physiques, éléments nutritifs, ions principaux et métaux à l'état de traces. Le tableau 2 donne la liste des paramètres mesurés et leurs codes NAQUADAT respectifs (Environnement Canada, 1981b).

Tableau 2. Paramètres analysés dans les échantillons d'eau de l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Codes NAQUADAT
Éléments nutritifs	
Phosphore total	15413P
Nitrates + nitrites	07112L
Azote total Kjeldahl	07010L
Ions principaux	
Calcium	20108L
Magnésium	12106L
Sulfates	16307L
Chlorures	17208L
Sodium	11107L
Potassium	19107L
Alcalinité totale	10116L
Métaux (traces)	
Fer	26004P
	26005P
Cadmium	48002P
Chrome	24003P
Cuivre	29005P
Plomb	82002P
Manganèse	25004P
	25005P
Nickel	28002P
Zinc	30005P
Aluminium (extr.)	13302P
	13305P
Caractéristiques physiques	
Conductivité spécifique	02041L
pH	10301L

La description détaillée des méthodes d'analyse de chaque paramètre se trouve dans le *Manuel des méthodes analytiques* (Environnement Canada, 1986). Ces méthodes ont peu changé depuis 1976 (D. Sturtevant et O. El kei, 1983, Laboratoire national de la qualité des eaux, Burlington, Ontario, communication personnelle.

L'analyse des métaux à l'état de traces et celle des ions principaux sont habituellement terminées en six mois alors que l'analyse des éléments nutritifs s'effectue entre un et trois mois après la collecte des échantillons.

Validation et archivage des données

L'une des méthodes normalisées utilisées pour valider les données en laboratoire est le calcul de l'équilibre ionique. Les détails du programme mis en oeuvre pour effectuer le calcul de cet équilibre sont exposés par Demayo (1971).

La théorie sous-jacente à l'utilisation de l'équilibre ionique est que, dans tout échantillon, la somme des cations

doit être égale à celle des anions lorsque les deux concentrations sont exprimées en meq/L. En pratique, les sommes sont rarement égales à cause des variations inévitables lors de l'analyse. Cette inégalité augmente à mesure que la concentration d'ions augmente (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 1975). Les limites acceptables de différence entre la somme des anions et celle des cations ont été fixées à un écart type de ±1. Ces limites et l'équation pour les calculer proviennent des *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1975) et tiennent compte des concentrations d'ions. Les cations qui entrent dans l'équation d'égalité sont le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium; les anions sont les carbonates, les bicarbonates, les sulfates, les chlorures, les fluorures, les nitrates + nitrites et l'ion hydroxyde.

Le programme d'équilibre ionique est appliqué à chaque échantillon. Lorsque la différence dépasse la limite acceptable, les données sont étudiées en détail ou l'analyse est reprise. Cette mesure a été normalisée dans les laboratoires de la DQE avant la mise sur pied de la station permanente de l'île Wolfe en octobre 1976. Tous les paramètres susmentionnés ont donc été vérifiés par des calculs de l'équilibre ionique.

Des blancs, des échantillons enrichis et des échantillons répétés sont également utilisés sur une base régulière par le laboratoire, pour vérifier les méthodes d'analyse. Le chimiste responsable de chaque laboratoire doit approuver toutes les données avant de les remettre au chef de projet.

Une fois l'analyse et la validation terminées, les résultats sont inscrits dans l'AWQUALABS (Système automatisé des laboratoires d'analyse de la qualité des eaux). Lorsque toutes les analyses sont terminées, l'information relative à la date d'échantillonnage, à la méthode d'analyse et aux concentrations mesurées est transférée à la banque de données NAQUADAT (Banque nationale de données sur la qualité des eaux).

Méthodes statistiques

Groupage et vérification des données

Afin de connaître les tendances temporelles et les variations saisonnières des paramètres, il est important d'avoir en main un ensemble fiable de données. Compte tenu de la quantité énorme de données, une méthode statistique a été utilisée pour aider la validation.

La première étape a été le groupage des données par saison à cause de la variabilité élevée de certains paramètres liés au changement des saisons. Pour établir les saisons limnologiques, on s'est servi des profils de température

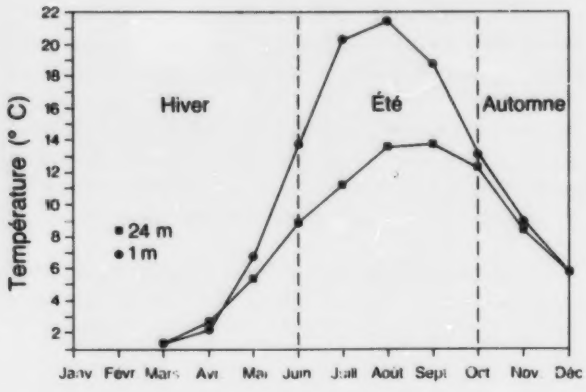

Figure 3. Groupage saisonnier en fonction des profils de température mensuels à la station nº 78, de 1977 à 1983.

mensuels de la station la plus rapprochée (nº 78) du programme de surveillance du lac Ontario (figure 3). L'hétérogénéité de température dans la colonne d'eau a permis d'identifier la saison d'été. On a établi qu'il y avait deux saisons où l'eau est homogène : la première, étant l'automne, correspond à une baisse de la température et la seconde, soit l'hiver, une période où l'eau est froide de façon plus constante et se termine par une légère augmentation. On a donc regroupé les mois en saisons de la façon suivante :

Automne	octobre, novembre, décembre
Hiver	janvier, février, mars, avril, mai
Été	juin, juillet, août, septembre

Ce cycle saisonnier correspond assez bien à celui proposé par Dobson (1984) pour le lac Ontario. Les différences résident dans le fait que la lente période de réchauffement appelée «début du printemps» (avril et mai) par Dobson a été classée ici comme étant l'hiver et que la période rapide de réchauffement appelée «fin du printemps» (juin) a été incluse dans l'été.

Des moyennes saisonnières ont été calculées pour les éléments nutritifs et les ions principaux, et des moyennes annuelles, pour les métaux à l'état de traces. Les valeurs qui dépassent les moyennes ±3 fois l'écart type ont été inscrites sous un autre code dans la banque de données et ne sont pas comprises dans la présente étude. Elles devraient néanmoins faire l'objet d'un examen plus poussé afin de corriger les problèmes techniques ou d'identifier des phénomènes locaux particuliers. Les limites pour chaque paramètre et le nombre de valeurs qui ont été transférées sont fournis aux tableaux 3 et 4.

Tableau 3. Intervalle statistique et nombre de valeurs aberrantes pour les éléments nutritifs, les ions principaux et les caractéristiques physiques

Paramètres	Hiver			Été			Automne			Nombre total d'analyses
	Intervalle*			Intervalle*			Intervalle*			
	Valeur inférieure	Valeur supérieure	n †	Valeur inférieure	Valeur supérieure	n †	Valeur inférieure	Valeur supérieure	n †	
Éléments nutritifs										
Phosphore total	0.0	0.0482	20	0.0	0.0685	25	0.0	0.0605	14	2462
Nitrates + nitrites	0.0	0.708	26	0.0	0.615	22	0.0	0.589	13	2440
Azote total Kjeldahl	0.0	0.489	11	0.0	0.663	22	0.0	0.419	10	2467
Ions principaux										
Calcium	34.9	42.7	4	30.9	42.9	3	33.9	41.7	2	335
Magnésium	7.0	8.8	2	7.3	8.5	5	7.4	8.6	0	336
Sulfates	22.3	31.3	1	22.7	31.1	3	23.1	32.1	2	336
Chlorures	23.4	30.0	0	23.3	29.9	1	23.7	29.7	0	336
Sodium	11.1	14.1	0	11.4	13.8	0	11.4	13.8	0	336
Potassium	1.1	1.7	2	1.1	1.7	4	1.1	1.7	2	336
Alcalinité totale	76.5	108.9	2	69.3	109.5	2	74.1	107.7	3	333
Caractéristiques physiques										
pH	7.4	8.6	14	6.9	8.7	3	7.3	8.5	11	2473
Conductivité spécifique	306	360	16	292	358	21	301	355	9	2474

* Moyennes saisonnières ±3 fois l'écart type.
† Nombre de valeurs aberrantes.

Tableau 4. Intervalle statistique et nombre de valeurs aberrantes pour les métaux à l'état de traces

Paramètres	Intervalle*		n †	Nombre total d'analyses
	Valeur inférieure	Valeur supérieure		
Fer	0	0.562	13	346
Cadmium	0	0.002	6	345
Chrome	0	0.010	8	343
Cuivre	0	0.047	9	344
Manganèse	0	0.328	4	328
Nickel	0	0.008	7	345
Zinc	0	0.022	6	343
Plomb	0	0.007	3	344
Aluminium (extr.)	0	0.740	1	285

Note : Les statistiques comprennent les valeurs «inférieures à la limite de détection» comme étant égales à la limite de détection.

* Moyennes annuelles ±3 fois l'écart type.
† Nombre de valeurs aberrantes.

Analyse statistique

Le principal test statistique utilisé dans la présente étude est l'analyse de variance à un critère de classification. Elle établit l'égalité simultanée de nombreuses populations à partir d'estimations basées sur les échantillons extraits de ces populations. Les hypothèses suivantes ont régi l'application de l'analyse de variance :

1) les échantillons proviennent de populations qui suivent une loi normale;

2) les variances des populations sont égales;

3) les valeurs sont indépendantes;

4) le modèle est additif.

On a supposé a *priori* que la population était normale et que le modèle était additif pour tous les paramètres étudiés dans le présent rapport. L'égalité de variance des populations a été vérifiée au moyen du test de Cochran. Les résultats sont indiqués avec ceux des analyses de variance dans chaque tableau. Même si l'homogénéité de la variance n'est pas respectée, les résultats de l'analyse de cette variance peuvent donner une idée de l'égalité simultanée des moyennes. Pour cette raison, ils sont toujours examinés.

L'indépendance des données a été vérifiée au moyen du test d'autocorrélation. Des valeurs quasi-indépendantes ont été supposées lorsque le coefficient d'autocorrélation

était plus petit ou égal à $1.96/\sqrt{n}$. Seules les valeurs quasi-indépendantes ont été utilisées dans les analyses de variance. Le décalage retenu pour chaque paramètre est présenté au tableau 5. Les fréquences donnent une idée générale de la méthode d'échantillonnage qui devait fournir le maximum d'information pour un minimum d'effort d'échantillonnage.

Tableau 5. Décalage indiquant les valeurs quasi-indépendantes pour les paramètres mesurés à la station de l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Décalage
Phosphore total	2 jours
Nitrates + nitrites	8 jours
Azote total Kjeldahl	4 jours
Azote total	4 jours
Conductivité spécifique	5 jours
Calcium	21 jours
Sulfates	14 jours
Magnésium	14 jours
Chlorures	14 jours
Sodium	14 jours
Potassium	14 jours
Alcalinité totale	7 jours
Fer	14 jours
Cuivre	14 jours
Nickel	14 jours
Zinc	14 jours
Aluminium (extr.)	14 jours

On a utilisé le test-t (test de Student) pour comparer les moyennes de deux populations évaluées par les moyennes d'échantillonnage. Un test F a été effectué avant de comparer les moyennes afin de déterminer si les populations avaient la même variance.

L'analyse de variance et les statistiques du test-t utilisées dans ce rapport sont tirées de la bibliothèque du programme de Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (Nie et coll., 1975). La méthode d'autocorrélation provient d'IMSL (International Mathematical Statistics Libraries, 1980).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Cette section est divisée en deux parties principales : la première étudie les variations spatiales autour de la station permanente de l'île Wolfe afin d'en évaluer la représentativité; dans la deuxième, ce sont les variations temporelles des concentrations mesurées entre 1977 et 1983 à la station qui sont étudiées pour chaque catégorie de paramètres, c'est-à-dire les éléments nutritifs, les ions principaux et les métaux à l'état de traces. Les estimations de charge sont également comprises dans la dernière section.

Représentativité de la station

Station de l'île Wolfe comparée aux stations environnantes

La variation transversale mesurée lors des treize relevés effectués entre 1973 et 1977 a été faible pour tous les transects et tous les paramètres. Par conséquent, on a supposé qu'il y avait homogénéité des transects et on a jugé représentative de l'ensemble la moyenne de toutes les stations de chaque transect (Annexe B, tableau B-1).

Pour comparer la station de l'île Wolfe et les autres stations du transect 179, on a procédé à un test-t entre les moyennes du transect et les données quotidiennes correspondantes de la station permanente de l'île Wolfe (Annexe B, tableau B-1). En ce qui concerne les paramètres étudiés (Tableau 1), il n'y avait pas de différence significative ($\alpha = .05$). Ainsi, les variations dans la manipulation des échantillons comme les délais d'expédition et la filtration ne semblent pas trop influer sur les résultats.

On a également procédé à la comparaison des transects 185 nord et sud à l'aide du test-t. Pour tous les paramètres (Tableau 1), il n'y avait pas de différence significative ($\alpha = .05$) dans la qualité de l'eau de surface entre les deux chenaux de 1973 à 1978.

La similitude entre la station de l'île Wolfe et celles des transects des chenaux nord et sud s'appuie sur un petit nombre d'échantillons qui ont tous été recueillis avant 1978. Afin de pouvoir accorder plus de confiance à l'hypothèse que la qualité de l'eau des deux chenaux est à peu près semblable et que la station de l'île Wolfe est représentative de tout le fleuve dans ce secteur, des relevés répartis sur une période d'un an devraient être effectués tous les quatre ou cinq ans.

Station de l'île Wolfe comparée à une station de l'est du lac Ontario

Pour évaluer le rapport entre les données obtenues pour l'île Wolfe et celles de l'est du lac Ontario, on a procédé à la comparaison des données obtenues pour l'île Wolfe avec les données du programme de surveillance de la station la plus proche (station 78, lat. 44°05'01"N., long. 76°24'30"O.).

Tableau 6. Dates des missions et paramètres mesurés à la station n° 78, de 1976 à 1983

Dates	Paramètres					
	pH	Conductivité spécifique	Phosphore total	Nitrates + nitrites	Ions principaux*	Métaux (traces)†
76-10-06		X				
76-10-27	X	X				
76-11-18		X				
76-12-05		X				
77-05-11	X	X	X	X	X	
77-06-08	X	X				
77-07-20		X				
77-08-17		X				
77-09-15	X	X	X	X	X	
77-10-15		X				
77-11-17		X				
78-04-12	X	X	X	X	X	
78-05-11	X	X				
78-06-07	X	X				
78-07-06		X				
78-08-11		X				
78-09-07	X	X	X		X	
78-10-13		X				
78-11-16		X				
79-04-11	X	X	X	X	X	
79-05-02	X	X	X	X	(Cl)	X
79-05-30	X	X				X
79-06-28	X	X				
79-08-01	X	X				
79-08-30	X	X				X
79-09-19	X	X	X	X	(Cl)	
79-11-21	X	X	X	X	(Cl)	
80-04-23	X	X	X	X	X	
80-10-09	X	X	X	X	X	
81-03-21	X	X	X	X	X	
81-04-08	X	X	X	X	X	
81-04-14	X	X	X			
81-05-21	X	X	X			
81-06-17	X	X	X			
81-07-15	X	X	X			
81-08-13	X	X	X		X	
81-09-16	X	X	X			
81-10-08	X	X	X			
81-11-20	X	X	X	X	X	
81-12-08	X	X	X			
82-04-28	X	X	X	X	X	
82-05-20	X	X	X			
82-06-16	X	X	X			
82-07-14	X	X	X			
82-08-18	X	X	X			
82-09-15	X	X	X	X	X	
82-10-14	X	X	X			
82-11-17	X	X	X	X	X	
83-03-16	X	X	X	X	X	

* Calcium, magnésium, sulfates, chlorures (Cl), sodium, potassium et alcalinité totale.

† Fer, cuivre, aluminium et zinc.

Bien que la profondeur de l'eau à la station 78 soit de 26 m, on a utilisé seulement la moyenne des données pour les 15 m supérieurs, dans la comparaison, parce que la station de l'île Wolfe se situe à environ 15 m de profondeur. On a utilisé toutes les donnés disponibles depuis octobre 1976. La fréquence des missions et l'échantillonnage des paramètres sont résumés au tableau 6.

Quoique les méthodes d'analyse retenues pour les missions et les échantillons de l'île Wolfe aient été les mêmes (Environnement Canada, 1981a), le traitement des échantillons a été quelque peu différent. La conductivité spécifique, le pH et les nitrates + nitrites ont été analysés sur le bateau, immédiatement après leur collecte, alors qu'il s'est écoulé jusqu'à un mois avant que l'on analyse les échantillons de l'île Wolfe. On n'effectue aucune filtration des échantillons d'eau recueillis à l'île Wolfe, mais ceux recueillis sur le bateau le sont à des fins d'analyse des ions principaux et des nitrates + nitrites. Quant aux analyses du phosphore total et des métaux à l'état de traces, les méthodes utilisées sont identiques.

Pour ce qui est des métaux à l'état de traces, on ne possède des données que pour trois missions réalisées en 1979. Lorsqu'on compare les données avec celles du l'île Wolfe, elles s'avèrent très différentes. Les valeurs obtenues à l'île Wolfe sont plus élevées pour le fer total, le cuivre, le zinc et l'aluminium extractible. Compte tenu des valeurs élevées mesurées dans les blancs à l'île Wolfe, la contamination des bouteilles d'échantillonnage est probablement la cause de ces valeurs élevées en métaux, particulièrement dans le cas du cuivre.

Les données présentées à l'annexe C, tableau C-1, montrent que la conductivité spécifique, l'alcalinité totale, les nitrates + nitrites et les ions principaux sont statistiquement semblables aux deux stations ($\alpha = .05$). Il est intéressant de noter que les moyennes constatées à la station nº 78 sont toutes plus élevées que celles de la station de l'île Wolfe malgré le fait que l'eau recueillie à la station nº 78 ait été filtrée.

Les valeurs pour le phosphore total sont significativement plus faibles ($\alpha = .05$) à la station de l'île Wolfe qu'à la station nº 78. Les délais entre le moment de la collecte de l'échantillon et celui de l'analyse sont probablement la cause de cette différence. La diminution des valeurs est probablement due à l'adsorption du phosphore sur les parois des bouteilles de polyéthylène utilisées pour l'échantillonnage et l'expédition de l'eau prélevée. Afin de vérifier cette hypothèse, le phosphore total a été échantillonné deux fois par semaine en 1984 à l'aide des bouteilles de verre et conservé sur place par acidification. Il semble, après examen des résultats, que les échantillons conservés sur place ont des valeurs beaucoup (test-t par paire, $\mu = .05$) plus élevées (12 %) que les échantillons courant (N = 120; Sylvestre, 1985).

Les valeurs du pH mesurées en été à l'île Wolfe diminuent tandis que celles mesurées à la station nº 78 du lac Ontario augmentent. Ce comportement du pH à l'île Wolfe au cours de l'été semble inhabituel puisque la photosynthèse fait habituellement augmenter le pH à cause de l'utilisation du CO_2 dissous par le phytoplancton (Wetzel, 1975). On a constaté une différence atteignant 1.0 unité de pH entre les deux stations, en juillet et en août 1982. Puisque les données de pH ont été prises *in situ* (de jour) à la station nº 78 et que l'emplacement se trouve à environ 20 km en amont de la station permanente de l'île Wolfe, les valeurs seraient semblables pour les deux stations. Comme dans le cas du phosphore total, la diminution constatée à la station de l'île Wolfe peut être la conséquence du délai entre la collecte de l'échantillon et sa mesure. Durant le transport des bouteilles, la respiration des bactéries peut faire augmenter la teneur de CO_2 dans ces bouteilles, ce qui entraîne une diminution du pH. Ce phénomène se produit également en hiver, mais de façon moins apparente probablement à cause de la diminution de l'activité microbiologique en eau froid.

Résultats obtenus à la station de l'île Wolfe

Éléments nutritifs

Phosphore total

La section précédente mentionne que la concentration du phosphore total recueilli à l'île Wolfe est erronément faible. Toutefois, les changements de la concentration relative en fonction du temps devraient être un indice des tendances. Ces données seront donc étudiées brièvement dans la présente section pour en connaître les tendances.

Les variations de la concentration du phosphore total sont fréquentes et très irrégulières à la station de l'île Wolfe. On ne peut établir aucune configuratiion saisonnière régulière de l'ensemble du tracé mensuel des données (Annexe D, figure D-1). La moyenne générale pour la période de 1977 à 1983 a été de 13.7 µg/L, avec une médiane de 12.3 µg/L (Tableau 7).

Tableau 7. Statistiques générales pour les éléments nutritifs à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Unités	Observations	Moy.	Écart type	Médiane
Phosphore total	mg/L P	2403	0.0137	0.0063	0.0123
Nitrates+ nitrites	mg/L N	2379	0.225	0.096	0.237
Azote total Kjeldahl	mg/L N	2424	0.222	0.059	0.218

La courbe de la moyenne mobile mensuelle pour la concentration de phosphore total (Annexe D, figure D-1) indique une baisse de 0.7 µg/L/année pour la période étudiée, ce qui représente une diminution de 4.3 % par année, comparativement à la concentration initiale de 1977 qui était de 16.3 µg/L. Cette diminution est légèrement inférieure à la baisse de 1.1 µg/L/année signalée pour le lac Ontario (Neilson, 1983), pour la période de 1970 à 1982 (données de surface pour le printemps).

On a effectué une analyse de variance pour les données de l'île Wolfe. Les moyennes annuelles et celles pour mars et avril sont significativement différentes ($\alpha = .05$) (Tableau 8). L'ensemble des données pour ces deux mois a été utilisé séparément et comparé aux données provenant des missions de surveillance sur le lac Ontario qui ne couvrent que les mois de mars ou d'avril de chacune des années entre 1977 et 1983. On constate que la baisse n'a pas été continue pour le lac Ontario et pour la station de l'île Wolfe et qu'elle s'est produite à des moments différents. Dans le lac Ontario, la baisse la plus forte est survenue entre 1977 et 1978, alors qu'elle s'est produite un an plus tard dans le fleuve Saint-Laurent (Annexe D, tableau D-1). Il faut toutefois remarquer que les données pour le printemps dans le lac Ontario ont encore diminué en 1982-1983, alors que les concentrations pour l'île Wolfe ont légèrement augmenté durant la même période.

Tableau 8. Comparaison des moyennes annuelles des éléments nutritifs à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Homogénéité de la variance	Analyse de variance ($\alpha = .05$)
Phosphore total	hétérogène	moyenne ≠
Phosphore total mars et avril	hétérogène	moyenne ≠
Nitrates + nitrites	hétérogène	moyenne =
Nitrates + nitrites mars et avril	hétérogène	moyenne ≠
Azote total	homogène	moyenne ≠
Azote total mars et avril	homogène	moyenne ≠

Nitrates + nitrites et azote total

Les concentrations mensuelles des nitrates + nitrites sont indiquées à l'annexe D, figure D-2. Les variations saisonnières sont bien établies. Les moyennes élevées se produisent durant mars et avril puis baissent graduellement pour atteindre le minimum en août ou en septembre. Cette baisse durant l'été correspond à la période intense de croissance du phytoplancton (Munawar et Munawar, 1981) et elle peut être attribuée à l'assimilation des nitrates puisque cette forme d'azote est grandement utilisée pour la production primaire (Wetzel, 1975). À l'automne et durant l'hiver, la décomposition bactérienne de la matière organique produit de l'ammoniac, d'où nitrification et production de nitrates.

On n'a pu établir statistiquement aucune tendance pour les concentrations des nitrates + nitrites pendant toute la période de sept ans qu'a duré l'étude (moyenne pour 1977-1983 = 225 µg/L). Cela peut probablement s'expliquer en partie par la forte variation saisonnière des concentrations. Bien que l'augmentation des nitrates + nitrites ne soit pas statistiquement significative ($\alpha = 0.5$), on croit que l'augmentation de 4 µg/L/année (Annexe D, figure D-2) calculée pour ce paramètre est réelle. Le calcul de l'augmentation de l'azote total donne environ 9 µg/L/année. Ce résultat se compare à l'augmentation à long terme (1970-1982) de 8.5 µg/L/année signalée pour le lac Ontario (Analyse par régression linéaire des données brutes de surface pendant les conditions isothermiques, [Neilson, 1983]), bien que, dans ce cas, l'augmentation valait pour les nitrates + nitrites seulement. Une explication possible de la différence pour l'azote est que le bassin de Kingston est une zone de production intense de phytoplancton. Par conséquent, les niveaux des nitrates + nitrites sont toujours inférieurs à ceux du reste du lac Ontario (Neilson et Stevens, 1984). Cela est peut-être dû au fait que la tendance signalée par Neilson (1983) pour tout le lac ne rend pas compte de la situation dans le bassin de Kingston. De plus, la tendance de l'île Wolfe s'appuie sur les données annuelles de la période d'étude. Celles-ci comprennent les faibles concentrations de l'été ou qui peuvent faire baisser la tendance.

Conductivité spécifique et ions principaux

Les moyennes mensuelles et annuelles, ainsi que les écarts types de la conductivité spécifique et des ions principaux sont fournis à l'annexe E, tableaux E-1 à E-8 et les graphiques de la moyenne mobile mensuelle sont présentés aux figures E-1 à E-8.

Variation saisonnière

La conductivité spécifique et l'alcalinité ont eu un comportement saisonnier assez semblable au cours des années d'étude: valeurs faibles en été, particulièrement en août et en septembre, valeurs élevées en hiver (Annexe E, figures E-7 à E-8). L'absorption des constituants ioniques par le phytoplancton durant l'été a fait baisser la conductivité spécifique, mais ne change pas beaucoup l'alcalinité

étant donné que la plupart des éléments ioniques présents ne contribuent pas de façon marquée à cette alcalinité (Beeton et Sikes, 1978). Dans la gamme de pH de l'eau naturelle, l'alcalinité est surtout due aux bicarbonates (HCO_3^{--}) (Stumm et Morgan, 1970).

Les diminutions des concentrations de calcium observées durant les sept années d'étude (Annexe E, figure E-1) pourraient nous laisser supposer qu'il se produit une décalcification de l'eau. Le phénomène s'explique ainsi : l'utilisation de carbonates (CO_2^{--}) par le phytoplancton modifie l'équilibre des carbonates et provoque la précipitation du carbonate de calcium ($CaCO_3$), selon l'équation suivante :

$$2HCO_3^{--} + Ca^{++} \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2^{--}$$

Cette réaction peut se produire lorsque la température est élevée et que la solubilité du calcium est faible (Stumm et Morgan, 1970). Le pH en surface mesuré à la station nº 78 est souvent plus élevé que 8.5 en août, et la température de l'eau dépasse 20 °C. Les concentrations de calcium sont également élevées (Annexe E, tableau E-1).

Lorsqu'il y a précipitation de $CaCO_3$, la conductivité spécifique et l'alcalinité suivent le changement dans les concentrations de Ca^{--} et de HCO_3^{--} et les deux diminuent. Ce phénomène a été mentionné par Allen (1977) et signalé par Strong et Eadie (1978) pour la partie est du lac Ontario, pour la fin de l'été 1973. Si l'on accepte cette hypothèse, il peut y avoir eu décalcification dans la zone de l'île Wolfe en 1978, 1979, 1980, 1981 et 1983. En 1982, l'alcalinité est demeurée élevée en août et en septembre le calcium ayant légèrement diminué, probablement les précipitations ont été faibles ou inexistantes cette année-là.

Les sulfates et le potassium ne semblent pas suivre de variation saisonnière (Annexe E, figures E-3 et E-6).

Les teneurs en chlorures, en sodium et en magnésium sont régulièrement faibles en avril ou en mai (Annexe E, figures E-4, E-5 et E-2). Ces périodes correspondent au débit maximal et conséquemment un phénomène de dilution peut réduire les concentrations. De faibles valeurs de magnésium sont signalées très régulièrement en mai. Cela peut aussi être dû à l'utilisation intensive de cet élément par le phytoplancton durant cette période, étant donné que le magnésium est une composante essentielle de la molécule de chlorophylle (Wetzel, 1975).

Tendances

Durant la période d'étude, la conductivité spécifique moyenne à 25 °C était de 329 µS/cm (Tableau 9). Au cours de ces sept années, elle a connu une légère baisse de 1.2 µS/cm/année. Les moyennes annuelles sont significativement différentes ($\alpha = .05$) (Tableau 10). Les valeurs mesurées au début de la période de l'étude semblent plus élevées que les autres (Annexe E, tableau E-7) probablement à cause d'une baisse de la plupart des ions principaux, principalement les chlorures et le sodium.

Tableau 9. Statistiques générales pour la conductivité spécifique et les ions principaux à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Unités	Observations	Moy.	Écart type	Médiane
Conductivité spécifique	µS/cm	2428	329.0	9.0	329.0
Calcium	mg/L Ca	326	37.9	1.6	38.2
Magnésium	mg/L Mg	329	7.9	0.2	7.9
Sulfates	mg/L SO_4	330	27.0	1.3	27.0
Chlorures	mg/L Cl	335	26.6	1.1	26.6
Sodium	mg/L Na	336	12.6	0.4	12.5
Potassium	mg/L K	328	1.4	0.1	1.4
Alcalinité totale	mg/L $CaCO_3$	326	91.1	5.2	91.0

Tableau 10. Comparaison des moyennes annuelles pour la conductivité spécifique et les ions principaux à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Variance de l'homogénéité	Analyse de variance ($\alpha = .05$)
Conductivité spécifique	homogène	moyenne ≠
Calcium	homogène	moyenne =
Magnésium	homogène	moyenne =
Sulfates	hétérogène	moyenne ≠
Chlorures	homogène	moyenne ≠
Sodium	homogène	moyenne ≠
Potassium	homogène	moyenne ≠
Alcalinité totale	homogène	moyenne ≠

Tableau 11. Taux de variation (avec R^2) de la conductivité spécifique et des ions principaux à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Taux*	(R^2)
Conductivité spécifique	−1.2 µS/cm/année	(.77)
Calcium	−0.19 mg/L/année	(.21)
Magnésium	−0.02 mg/L/année	(.21)
Sulfates	+0.16 mg/L/année	(.29)
Chlorures	−0.36 mg/L/année	(.95)
Sodium	−0.15 mg/L/année	(.96)
Potassium	−0.01 mg/L/année	(.46)
Alcalinité totale	+0.8 mg/L/année	(.50)

* Le taux de variation a été calculé à partir de la ligne de régression pour la moyenne mobile (Annexe E: figures E-1 à E-8).

En se servant des moyennes mobiles mensuelles, on a constaté que tous les ions principaux, sauf les sulfates et l'alcalinité totale, manifestent une tendance à la baisse durant la période de 1977 à 1983. Le taux varie de -0.01 mg/L/année pour le potassium à -0.36 mg/L/année pour les chlorures (Tableau 11). Du point de vue statistique, cependant, l'analyse de variance entre les diverses années montre que les concentrations de calcium et de magnésium ne changent pas de façon significative ($\alpha = .05$, Tableau 10), alors que le contraire se présente pour tous les autres ions principaux.

Les concentrations de magnésium et de potassium sont demeurées relativement stables dans le lac Ontario. Allen (1977) a indiqué une valeur de 8 mg/L pour le magnésium entre 1930 et 1970 et de 1.4 mg/L pour le potassium entre 1959 et 1970. À la station de l'île Wolfe, on a mesuré, entre 1977 et 1983, des moyennes de 7.9 mg/L pour le magnésium et de 1.4 mg/L pour le potassium (Tableau 9). Les valeurs élevées de 1977 combinées avec les valeurs faibles de 1981 pour le potassium (Annexe E, tableau E-6) peuvent expliquer pourquoi les moyennes annuelles sont significativement ($\alpha = .05$) différentes pour ce paramètre.

À partir d'une concentration de 31 mg/L avant 1900, le calcium a augmenté dans le lac Ontario à raison de 0.16 mg/L/année avant 1970 (Beeton, 1965; Commission mixte internationale, 1969, dans Allen,1977). En fait, cette valeur était probablement plus faible à la fin des années 1960 puisque la concentration de calcium n'a atteint que 40.9 mg/L en 1970 (CCEI, données non publiées, 1983) au lieu des 42.2 mg/L attendus. À la fin des années 1970 et au début des années 1980, on a constaté une tendance à la baisse (données pour le printemps) dans le lac Ontario (CCEI, données non publiées, 1983). À la station de l'île Wolfe, la valeur a diminué de 0.19 mg/L/année pour la période de 1977 à 1983.

La concentration de base des sulfates était de 13 mg/L avant 1900. Entre 1906 et 1968, elle a augmenté de 0.25 mg/L/année (Allen, 1977). Cette tendance générale s'est poursuivie jusqu'au début des années 1970, puis elle a commencé à baisser à la fin de cette décennie pour remonter à nouveau de 1980 à 1983 (CCEI, données non publiées, 1983). L'augmentation de 0.16 mg/L/année constatée à l'île Wolfe, entre 1977 et 1983, est surtout le résultat des augmentations mesurées au cours des deux dernières années d'échantillonnage.

La concentration moyenne d'alcalinité totale durant la période de l'étude a été de 91.1 mg/L $CaCO_3$ (Tableau 9). Il s'agit d'une tendance croissante (0.8 mg/L/année) qui est probablement fortement influencée par l'absence de baisse à l'été 1982 (Annexe E, figure E-8). Les valeurs (filtrées) du printemps pour l'ensemble du lac Ontario (1 m, CCEI, données non publiées, 1983) indiquaient une tendance croissante depuis 1978, pour ce paramètre.

Les tendances relatives aux concentrations de chlorures et de sodium sont très claires. Les moyennes annuelles sont significativement différentes ($\alpha = .05$) (Tableau 10) et manifestent une forte tendance à la baisse (Annexe E, tableaux E-4 et E-5). Allen (1977) a indiqué que les niveaux de sodium dans le lac Ontario entre 1950 et 1967 sont passés de 9 mg/L à 12.2 mg/L. La moyenne pour ce paramètre à l'île Wolfe était de 12.9 mg/L en 1977 et les données de 1977 à 1983 indiquent que cette concentration a diminué de 0.15 mg/L/année. Un rapport de la Commission mixte internationale (CMI) de 1979 indique que les niveaux des chlorures dans le lac Ontario étaient passés de 7 mg/L en 1907 à 28 mg/L en 1971, pour se stabiliser en 1972. Fraser (1981) a signalé que les concentrations des chlorures dans le lac Ontario diminuent depuis 1974 à un rythme de 0.30 mg/L/année pour atteindre 26.3 mg/L en 1981. À l'île Wolfe, les concentrations des chlorures étaient de 27.5 mg/L en 1977 et elles ont diminué régulièrement au rythme de 0.36 mg/L/année jusqu'à leur niveau actuel (1983) de 25.6 mg/L. Une baisse semblable s'est produite dans le lac Ontario (Neilson, 1983) et l'on a observé une diminution encore plus élevée, soit 0.79 mg/L/année (de 1976 à 1983) à Niagara-on-the-Lake, sur la rivière Niagara (Kuntz, 1985). Ces diminutions peuvent être attribuées à des rejets industriels moindres des chlorures, particulièrement dans la rivière Detroit (Sonzongi et coll., 1983) et donc dans le lac Érié qui est responsable (avec la rivière Niagara) de 71 % de la charge de chlorures entrant dans le lac Ontario (Effler et coll., 1985).

Métaux à l'état de traces

De toutes les données sur les métaux à l'état de traces recueillies régulièrement à l'île Wolfe, seulement celles qui portent sur quatre des neuf métaux mesurés peuvent être discutées, soit à cause d'une contamination évidente, comme dans le cas du cuivre total, soit à cause des concentrations trop faibles pour être détectées, comme dans le cas du cadmium, du chrome, du manganèse et du plomb. Étant donné la grande variabilité dans l'ensemble des données, on s'est servi pour la discussion des concentrations médianes plutôt que moyennes, bien que des concentrations moyennes soient également fournies au Tableau 12, à des fins de comparaison. Ces données se trouvent à l'annexe F, tableaux F-1 à F-4.

Tableau 12. Statistiques générales pour les métaux à l'état de traces (mg/L) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	N*	n†	Moy.	Écart type	Médiane
Fer	333	0	0.096	0.083	0.066
Cadmium	339	322	–	–	–
Chrome	335	141	–	–	–
Plomb	341	158	0.0012	0.0006	0.001
Manganèse	324	124	–	–	–
Nickel	338	76	0.0017	0.001	0.001
Zinc	337	60	0.0032	0.0028	0.002
Aluminium (extr.)	284	0	0.04	0.039	0.03

Note: Les valeurs «inférieures à la limite de détection» sont incluses dans les calculs comme étant égales à la limite de détection.

* Nombre total d'échantillons.

† Nombre de valeurs pour lesquelles on a indiqué «inférieures à la limite de détection».

Les niveaux d'aluminium (extractible) et de nickel n'ont pas tellement varié entre 1977 et 1983 (Tableau 13). Les concentrations médianes ont atteint 0.030 mg/L pour l'aluminium (de 1978 à 1983) et 0.001 mg/L pour le nickel (de 1977 à 1983). Les moyennes annuelles du fer et du zinc sont significativement (α = .05) différentes. Les concentrations médianes pour ces paramètres sont de 0.066 mg/L Fe et de 0.002 mg/L Zn.

Tableau 13. Comparaison des moyennes annuelles pour les métaux à l'état de traces à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

Paramètres	Variance de l'homogénéité	Analyse de variance (α = .05)
Fer	hétérogène	moyenne ≠
Nickel	hétérogène	moyenne =
Zinc	hétérogène	moyenne ≠
Aluminium (extr.)	hétérogène	moyenne =

Durant la période de l'étude, trois missions ont été effectuées sur le lac Ontario en mai et août 1979 pour recueillir des échantillons destinés à l'analyse des métaux à l'état de traces (Tableau 6). Les concentrations mesurées à l'île Wolfe ou cours de la même période étaient plus élevées que celles du lac Ontario en ce qui concerne les valeurs totales du fer, du plomb, du nickel et de l'aluminium. On n'a pas fait d'enquête statistique sur cette situation compte tenu du nombre limité de données disponibles à des fins de comparaison et de leurs écarts types élevés.

Les valeurs des paramètres étaient en bas des objectifs de la CMI (Commission mixte internationale, 1978) dans 90 % des cas ou plus (Tableau 14). Les concentrations de nickel dépassaient l'objectif de 0.025 mg/L dans 9 % des cas, celles de plomb, dans 3 % des cas.

Tableau 14. Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (1978): objectifs et violations pour les métaux à l'état de traces, de 1977 à 1983

Paramètres	Objectif (mg/L)	Nombre de données au-dessus de l'objectif	% de dépassement
Fer	0.3	13	4 %
Plomb	0.025	12	3 %
Nickel	0.025	37	9 %

Charge entrant dans le fleuve Saint-Laurent en provenance du lac Ontario

Des rapports annuels sur les charges provenant du lac Ontario et entrant dans le fleuve Saint-Laurent ont été produits depuis 1980 (Kuntz, 1982a, 1982b; Sylvestre, 1983, 1984) à l'aide de toutes les données disponibles. Dans ce rapport, on a enlevé toutes les concentrations qui sont au-delà ou en deça de ±3 fois l'écart type plus la moyenne saisonnière pour les éléments nutritifs et les ions principaux plus la moyenne annuelle pour les métaux à l'état de traces, comme on l'explique à la section intitulée Groupage et vérification des données.

Les concentrations ont été utilisées comme étant représentatives des deux chenaux du fleuve, bien que les échantillons aient été prélevés dans le chenal sud seulement. On a agi ainsi car les résultats du test-t, effectué à l'aide des données relatives aux relevés de 1973, de 1974 et de 1977, ont indiqué qu'il n'y avait aucune différence pour les paramètres chimiques classiques entre les données du chenal nord et celles du chenal sud (voir section intitulée Station de l'île Wolfe comparée aux stations environnantes).

Comme on l'a expliqué à la section intitulée Mesure du débit, on a rétrogradé de neuf jours les débits mesurés à Cornwall afin qu'ils correspondent à ceux de l'île Wolfe. Les données n'ont pas été corrigées pour tenir compte de la contribution (1 %) provenant des affluents qui se jettent dans le fleuve Saint-Laurent entre l'île Wolfe et Cornwall.

Les charges quotidiennes ont été calculées de la façon suivante :

$$\text{Charge quot.} = \text{conc. quot. (mg/L)} \times \text{débit quot. (pi}^3\text{/s)} \times 0.002\,45$$

Les charges annuelles ont été calculées en multipliant la charge quotidienne moyenne pour l'année par 365 (ou 366 pour 1980). Les résultats se trouvent au tableau 15.

Tableau 15. Charge annuelle (tonnes métriques/année × 10^3) dans le fleuve Saint-Laurent, de 1977 à 1983

Paramètres	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Phosphore total	3.9	4.0	3.2	3.5	2.7	3.1	3.1
Nitrates + nitrites	52.6	54.8	52.9	52.8	54.7	58.3	54.6
Azote total Kjeldahl	55.5	47.9	51.3	56.0	57.8	56.0	55.6
Azote total	108.1	102.7	104.2	108.8	112.5	114.3	110.2
Calcium	9 170.0	9 391.6	9 337.3	9 225.1	9 118.0	9 230.3	9 001.0
Magnésium	1 873.5	1 964.7	1 971.1	1 962.0	1 915.1	1 883.0	1 914.3
Sulfates	6 377.3	6 620.9	6 626.9	6 570.7	6 393.6	6 595.2	6 767.1
Chlorures	6 552.1	6 802.8	6 759.7	6 618.2	6 378.5	6 248.6	6 171.7
Sodium	3 075.0	3 186.7	3 210.0	3 104.7	3 003.8	2 977.3	2 946.6
Potassium	344.5	355.3	350.6	351.4	331.6	337.7	344.7
Alcalinité totale	58 430.1	60 642.5	61 914.8	60 200.2	60 135.7	63 302.6	60 613.2
Fer	13.4	30.5	11.6	23.2	23.3	37.4	24.4
Nickel	0.5	0.7	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4
Zinc	0.9	0.6	0.7	1.0	0.6	0.6	1.1
Aluminium (extr.)	–	8.4	6.5	10.1	12.2	11.9	9.2

L'augmentation de la charge de 1977 à 1978, pour le phosphore total et les ions principaux, est probablement due aux débits élevés qui ont eu lieu au début de la période de l'étude. Après 1978, la charge annuelle est davantage liée aux changements dans la concentration de chaque paramètre qu'au débit.

La charge de phosphore total en 1982 et 1983 correspond à 78 % de celles de 1977 et 1978. Les charges de nitrates + nitrites et d'azote total sont encore au-dessus des niveaux de 1977-1978 même si les débits ont diminué considérablement. Les charges de calcium, de chlorures et de sodium ont nettement diminué de 1979 à 1983, tandis que les charges de sulfates ont diminué de 1979 à 1981, puis augmenté en 1982 et 1983 malgré un débit moindre.

Les variations de charge des métaux à l'état de traces sont très irrégulières puisqu'il y a de fortes variations dans les concentrations selon le moment, particulièrement dans le cas du fer. La charge d'aluminium semble avoir diminué depuis 1979.

CONCLUSIONS

Du point de vue des paramètres chimiques classiques, la station d'échantillonnage de l'île Wolfe est représentative du chenal nord et du chenal sud du fleuve Saint-Laurent. Toutefois, cette conclusion s'appuie sur un petit nombre d'échantillons d'eau de surface et elle devrait être vérifiée.

La comparaison des données de l'île Wolfe et celles de la station la plus proche (nº 78) du programme de surveillance du lac Ontario montre que le pH et le phosphore total sont tous deux plus élevés à la station nº 78. Cela est probablement dû aux délais d'expédition des échantillons recueillis à la station de l'île Wolfe.

On a décelé peu de variations saisonnières, excepté pour les nitrates + nitrites qui accusent une diminution évidente durant l'été. Il peut y avoir précipitation de calcium en août ou en septembre, ce qui provoque une réduction de l'alcalinité totale et de la conductivité spécifique.

De façon générale, il y a diminution de concentration pour la plupart des éléments, à l'exception de l'alcalinité totale, des sulfates et du fer. La diminution des chlorures est peut-être due à la diminution des rejets industriels dans le lac Érié.

La station de l'île Wolfe semble être un bon outil pour vérifier la tendance générale des principaux paramètres de la qualité de l'eau. Il faudrait toutefois accorder plus d'attention au problème des délais d'expédition des échantillons et aux techniques d'échantillonnage.

RECOMMANDATIONS

On recommande :

1) d'effectuer des relevés de façon régulière dans les deux chenaux, à des intervalles de quatre ou cinq ans, pour s'assurer que cette station demeure représentative de l'ensemble du fleuve à ce niveau;

2) de mesurer les valeurs de pH *in situ*, si elles sont requises, car cela permet d'assurer une plus grande justesse;

3) de prélever les échantillons de phosphore total dans des bouteilles en verre et d'y ajouter sur place l'agent de conservation;

4) de passer en revue la méthode d'échantillonnage pour les métaux à l'état de traces compte tenu des valeurs élevées obtenues pour les blancs lors de l'analyse de ces métaux, particulièrement le cuivre;

5) de procéder à une étude statistique afin d'établir quelle serait, pour chaque paramètre, la méthode d'échantillonnage qui devrait fournir le maximum d'information pour un minimum d'effort d'échantillonnage.

REMERCIEMENTS

C.H. Chan (DQE-RO) a planifié et supervisé le projet initial. L'ensemble exhaustif de données que l'on a en main est le fruit de son initiative. On voudrait exprimer de la reconnaissance à Elizabeth Woodman qui s'occupe de la station depuis 1976. On aimerait remercier les collègues de la DQE-RO qui ont bien voulu faire une critique de ce rapport ainsi que le personnel du laboratoire national qui a fait l'analyse des échantillons. Enfin, des remerciements particuliers sont adressés à A.H. El-Shaarawi pour ses conseils en statistique.

RÉFÉRENCES

Allen, E.R. 1977. *Lake Ontario Atlas: Chemistry*. New York State Sea Grant Institute, State University of New York, Albany, N.Y. NYSSGP-PA-77-0010.

Beeton, A.M. 1965. Eutrophication of the St. Lawrence Great Lakes. Limnol. Oceanogr., 10:240–54.

Beeton, A.M., et S. Sikes. 1978. Influence of aquatic macrophytes on the chemistry of Skadar Lake, Yugoslavia. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 20: 1055–61.

Casey, O.J., et S.E. Salbach. 1974. IFYGL stream materials balance study (IFYGL). In Proc. 17th Conf. Great Lakes Res., pp. 668–81.

Commission mixte internationale. 1969. Report to the International Joint Commission on the Pollution of Lake Erie, Lake Ontario, and the International Sections of the St. Lawrence River. Dans Allen, 1977.

Commission mixte internationale. 1978. Great Lakes Water Quality Agreement of 1978. International Joint Commission, Canada and the United States.

Commission mixte internationale. 1979. Great Lakes Water Quality, Seventh Annual Report, Appendix B. Annual Report of the Surveillance Subcommittee to the Implementation Committee, Great Lakes Quality Board, juillet 1979, Windsor (Ont).

Demayo, A. 1971. Computer programs in use in the Water Quality Division, vol. 2. Direction des eaux intérieures, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Étude nº 14, Série des rapports généraux, pp. 1 – 11. Dans le programme IONBAL de l'AWQUALABS.

Dobson, H.F.H. 1984. Atlas de chimie de l'eau du lac Ontario. Étude nº 139, Série scientifique, Institut national de recherche sur les eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.).

Effler, S.W., S.P. Devan, et P.W. Rodgers. 1985. Chloride loading to Lake Ontario from Onondaga Lake, New York. J. Great Lakes Res., 11(1): 53–58.

Environnement Canada. 1986. *Manuel des méthodes analytiques*. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa (Ont.).

Environnement Canada. 1981b. *NAQUADAT, Dictionnaire des codes paramétriques*. Section des données et des instruments, Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures. Ottawa, Ont.

Fraser, A.S. 1981. Salt in the Great Lakes. Institut national de recherche sur le eaux, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

International Mathematical Statistics Libraries. 1980. *The IMSL Library*, Vol. 1. International Mathematical Statistics Libraries Inc., 8th ed., U.S.A., Chapter F.

Kuntz, K.W. 1982a. Material output from Lake Ontario to the St. Lawrence River, 1980. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Kuntz, K.W. 1982b. Material output from Lake Ontario to the St. Lawrence River, 1981. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Kuntz, K.W. 1985. Recent trends in water quality of the Niagara River. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Munawar, M., et I.F. Munawar. 1981. A general comparison of the taxonomic compositions and size analyses of the phytoplankton of the North American Great Lakes. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 21: 1695–1716.

Neilson, M.A.T. 1983. Report on the status of the open waters of Lake Ontario. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Neilson, M.A.T., et R.J.J. Stevens. 1984. Report on the status of the open waters of Lake Ontario. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner, et D.H. Bent. 1975. *Statistical Package for the Social Sciences*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Inc.

Sonzogni, W.C., W. Richardson, P. Rodgers, et T.J. Monteith. 1983. Chloride pollution of the Great Lakes. J. Water Pollut. Control Fed., 55(5): 513–21.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1975. 14th ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

Strong, A.E., et B.S. Eadie. 1978. Satellite observations of calcium carbonate precipitation in the Great Lakes. Limnol. Oceanogr., 23(5): 877–87.

Stumm, W., et J.J. Morgan. 1970. *Aquatic Chemistry, An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Sylvestre, A. 1983. Material output from Lake Ontario to the St. Lawrence River, 1982. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Sylvestre, A. 1984. Material output from Lake Ontario to the St. Lawrence River, 1983. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Sylvestre, A. 1985. Evaluation of the accuracy of the nutrient forms measured at Wolfe Island. Direction de la qualité des eaux, région de l'Ontario, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington (Ont.). Rapport inédit.

Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. Philadelphia: Saunders.

Annexe A
Données sur le débit

Tableau A-1. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le débit (m^3 /s) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	6166.	6244.	7373.	7923.	7845.	7169.	7145.	7512.	8120.	8414.	8431.	6870.	7439.
1978	7236.	8238.	8411.	8487.	8918.	8630.	8041.	7855.	7693.	7365.	6855.	6293.	7831.
1979	6489.	7112.	7784.	8057.	8419.	8251.	7825.	7825.	8074.	8318.	8070.	8338.	7884.
1980	6579.	7408.	7156.	8142.	8286.	8187.	8117.	8409.	8428.	8037.	7876.	6705.	7775.
1981	6809.	6957.	7584.	7170.	7036.	7234.	7547.	8033.	8510.	8444.	8408.	8321.	7675.
1982	6527.	7192.	7290.	7999.	8073.	8330.	8113.	7806.	7659.	7435.	7657.	7390.	7623.
1983	6540.	7200.	7644.	7841.	8151.	8318.	7890.	7858.	7782.	7695.	7698.	7066.	7639.

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	325.	371.	276.	72.	117.	266.	49.	132.	321.	184.	30.	644.	776.
1978	599.	186.	392.	351.	84.	98.	146.	34.	77.	90.	242.	351.	799.
1979	463.	178.	87.	198.	194.	171.	100.	72.	151.	60.	63.	339.	577.
1980	298.	110.	369.	368.	174.	62.	40.	118.	136.	103.	62.	664.	685.
1981	176.	376.	67.	180.	97.	107.	122.	125.	93.	45.	12.	680.	660.
1982	356.	55.	269.	500.	111.	93.	116.	77.	77.	61.	108.	414.	532.
1983	261.	663.	81.	122.	468.	164.	143.	48.	101.	103.	130.	763.	578.

Nombre d'observations : 2556 Écart type : 658
Moyenne : 7695 Médiane : 7660

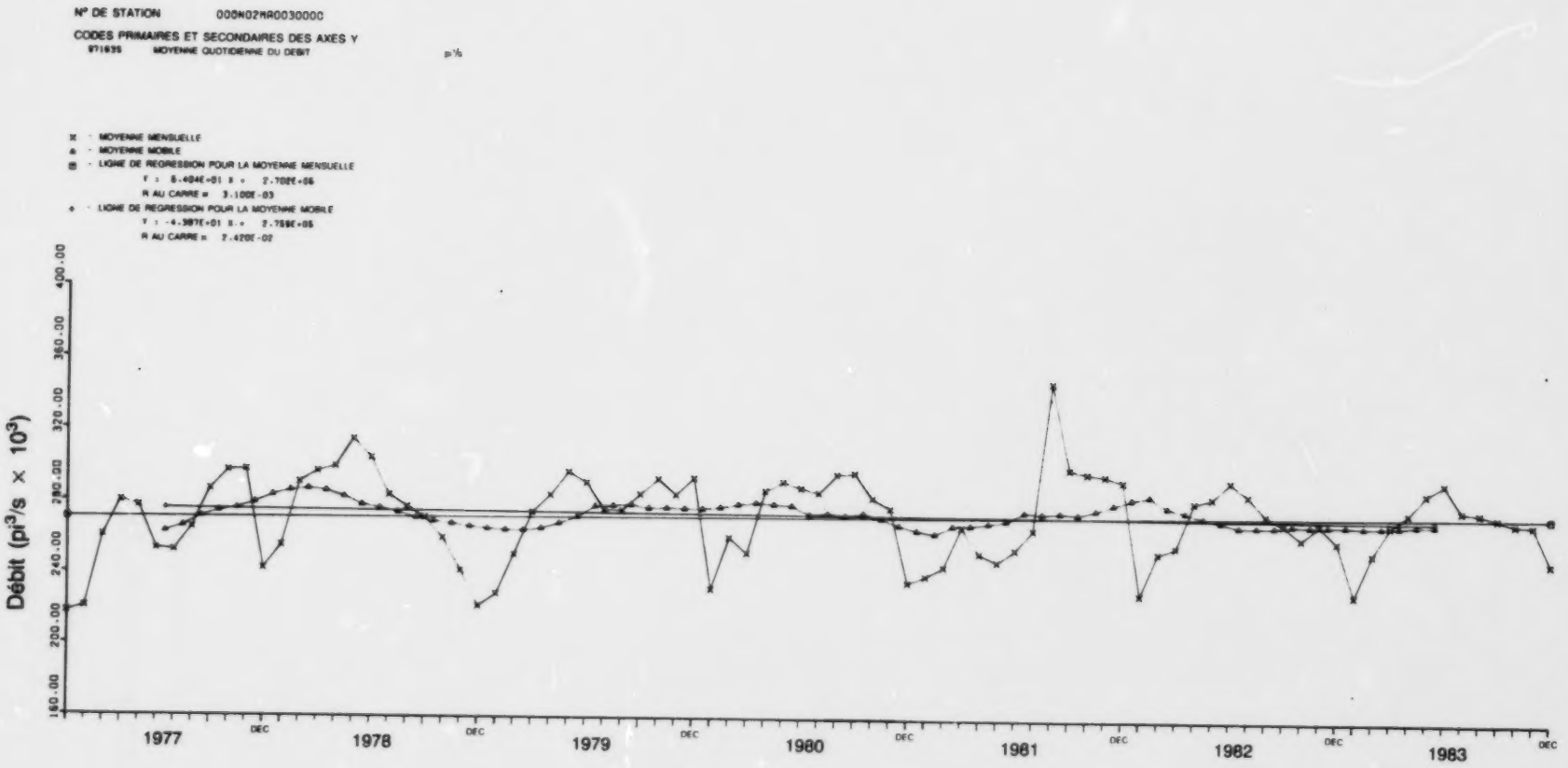

Figure A-1. Graphique du débit (pi³/s) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Annexe B
Moyennes des transects

Tableau B-1. Moyennes (mg/L) des transects : 179, 185 sud, 185 nord et données de la journée correspondante à l'île Wolfe

	19-05-73		23-07-73		17-09-73		10-06-74		12-08-14		07-10-74		05-06-75	
	185N	185S	185N	185S	185N	185S	185N	185S	185N	185S	185N	185S	185N	185S
Phosphore total	.019	.016	.020	.018	.018	.018	.019	.018	.022	.026	.021	.021	.017	.022
Nitrates + nitrites	.102	.130	.019	.023	.020	.045	.035	.083	.033	.058	.047	.054	.082	.110
Azote total Kjeldahl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.325	.349
Conductivité spécifique	319	332	308	310	314	309	293	336	312	296	320	323	330	355
pH	8.1	8.2	7.9	7.9	8.4	8.4	8.2	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.7	8.7
Calcium	37.8	37.8	41.1	38.1	41.9	41.5	40.0	39.2	36.6	36.5	37.7	37.0	39.0	39.4
Magnésium	7.4	7.7	-	-	-	-	6.6	7.5	8.0	8.0	8.1	8.2	7.2	7.9
Sulfates	25.7	27.7	30.0	30.9	25.3	26.0	25.5	28.0	29.8	28.7	28.1	28.0	25.4	28.2
Chlorures	25.9	28.2	28.3	27.7	27.5	27.3	21.3	28.2	26.8	27.2	26.4	26.3	22.2	27.3
Sodium	12.7	14.3	13.2	13.2	11.0	11.1	10.3	13.7	12.9	12.8	13.1	13.1	11.1	13.7
Potassium	1.6	1.6	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Alcalinité totale	95.3	92.1	87.0	87.2	83.6	84.0	95.8	90.6	88.7	88.2	88.0	86.2	91.7	88.3
Fer	-	-	-	-	-	-	-	-	.021	.016	.017	.042	.025	.025
Cuivre	-	-	-	-	-	-	-	-	.004	.002	.003	.002	.002	.002
Manganèse	-	-	-	-	-	-	-	-	.005	.002	.003	.002	.003	.003
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-	.004	-	.003	.006	.007	.003

Tableau B-1 (suite)

	01-05-77				13-06-77				11-07-77			
	185N	185S	179	WI	185N	185S	179	WI	185N	185S	179	WI
Phosphore total	.025	.021	.021	.018	.013	.017	.014	.009	.021	.032	034	020
Nitrates + nitrites	.218	.283	.277	.300	.156	.186	.195	.108	.051	.025	.054	.101
Azote total Kjeldahl	.325	.268	.303	.230	.214	.214	194	.272	.369	.432	.436	.347
Conductivité spécifique	316	307	312	323	328	330	326	339	312	313	313	311
pH	7.9	7.8	7.9	8.1	8.6	8.7	8.6	7.8	8.7	8.7	8.7	8.3
Calcium	39.4	33.1	36.8	36.8	-	-	-	-	38.4	38.6	38.2	38.2
Magnésium	7.5	7.2	7.3	7.1	-	-	-	-	7.9	7.8	7.9	7.8
Sulfates	24.2	24.1	25.3	25.3	-	-	-	-	26.2	25.3	26.0	26.7
Chlorures	24.9	25.4	26.3	26.6	-	-	-	-	27.5	27.6	28.6	28.2
Sodium	11.7	12.2	12.2	11.9	-	-	-	-	13.1	12.9	12.6	13.1
Potassium	1.5	1.4	1.4	1.4	-	-	-	-	1.4	1.4	1.4	1.4
Alcalinité totale	92.9	84.6	85.6	85.0	-	-	-	-	89.6	90.9	90.0	91.0
Fer	.046	.082	.082	.060	-	-	-	-	.037	.047	.046	.059
Cuivre	.010	.009	.011	.006	-	-	-	-	.007	.009	.007	.013
Manganèse	.005	.004	.005	.004	-	-	-	-	.003	.005	.005	.004
Zinc	.001	.001	.001	.001	-	-	-	-	.005	.004	.004	.001

Tableau B-1 (suite)

	15-08-77				19-09-77				24-10-77			
	185N	185S	179	WI	185N	185S	179	WI	185N	165S	179	WI
Phosphore total	.019	.019	.022	.020	.017	.021	.029	.028	.020	.020	.021	.017
Nitrates + nitrites	.014	.028	.117	.094	.050	.045	.048	.108	.130	.162	.165	.187
Azote total Kjeldahl	.272	.261	.301	.225	.326	.357	.336	.242	.328	.245	.309	.261
Conductivité spécifique	313	308	307	306	315	309	312	327	322	324	325	333
pH	8.6	8.5	8.5	8.3	-	-	-	8.3	6.5	8.5	6.4	8.3
Calcium	-	-	-	-	36.6	35.7	36.1	36.1	-	-	-	-
Magnésium	-	-	-	-	7.9	7.8	7.8	7.6	-	-	-	-
Sulfates	-	-	-	-	26.2	25.6	26.0	26.2	-	-	-	-
Chlorures	-	-	-	-	26.9	26.2	26.6	27.7	-	-	-	-
Sodium	-	-	-	-	13.1	12.8	12.9	13.2	-	-	-	-
Potassium	-	-	-	-	1.5	1.4	1.4	1.5	-	-	-	-
Alcalinité totale	-	-	-	-	86.1	84.7	84.4	82.3	-	-	-	-
Fer	-	-	-	-	.046	.048	.044	.065	-	-	-	-
Cuivre	-	-	-	-	.008	.007	.008	.001	-	-	-	-
Manganèse	-	-	-	-	.004	.004	.004	.003	-	-	-	-
Zinc	-	-	-	-	.004	.004	.004	.004	-	-	-	-

Annexe C
Valeurs à la station n° 78 et à l'île Wolfe

Tableau C-1. Valeurs (mg/L) mesurées à la station nº 78 du programme de surveillance et données des journées correspondantes à l'Île Wolfe

	Ph		PT		NO_2+NO_3		Cond. spéc.		Alc. totale		Calcium		Sulfates		Chlorures		Magnésium		Potassium		Sodium	
DATE	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI
06-10-76	--	--	--	--	--	--	328	328	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27-10-76	8.3	8.0	--	--	--	--	337	331	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18-11-76	--	--	--	--	--	--	339	352	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
05-12-76	--	--	--	--	--	--	339	334	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11-05-77	8.4	8.2	.0170	.0160	.273	.240	337	335	91.5	88.0	39.3	38.8	28.3	26.6	28.0	27.9	7.9	7.6	1.4	1.4	12.9	12.2
08-06-77	8.7	8.2	--	--	--	--	323	333	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20-07-77	--	--	--	--	--	--	322	324	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17-08-77	--	--	--	--	--	--	319	306	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15-09-77	8.5	7.9	.0154	.0130	.025	.061	320	325	84.0	85.1	36.3	36.9	28.3	27.4	27.1	26.9	8.0	8.0	1.4	1.4	12.8	13.2
15-10-77	--	--	--	--	--	--	335	333	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17-11-77	--	--	--	--	--	--	336	336	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12-04-78	8.1	8.1	.0170	.0100	.305	.223	332	--	89.0	94.0	40.0	38.3	27.8	26.5	27.4	26.5	7.9	8.0	1.4	1.4	12.8	12.6
11-05-78	8.5	8.2	--	--	--	--	287	328	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
07-06-78	8.8	--	--	--	--	--	329	325	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
06-07-78	--	--	--	--	--	--	320	322	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11-08-78	--	--	--	--	--	--	338	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
07-09-78	8.4	8.2	0.164	.0120	.018	.080	327	331	82.0	83.5	36.0	35.5	28.5	25.5	27.6	27.4	8.1	8.0	1.4	1.4	12.7	13.0
13-10-78	--	--	--	--	--	--	330	330	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16-11-78	--	--	--	--	--	--	327	331	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11-04-79	8.2	7.8	.0176	.0110	.288	.315	332	336	97.0	92.5	40.0	39.0	28.6	26.0	27.9	26.3	8.0	7.8	1.4	1.4	12.8	12.6
02-05-79	8.3	8.1	.0162	.0150	.267	.320	321	326	--	--	--	--	--	--	26.5	26.8	--	--	--	--	--	--
30-05-79	8.6	7.8	--	--	--	--	318	335	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28-06-79	8.5	7.9	--	--	--	--	324	338	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
01-08-79	8.5	7.6	--	--	--	--	308	319	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tableau C-1 (suite)

	Ph		PT		NO_2+NO_3		Cond. spéc.		Alc. totale		Calcium		Sulfates		Chlorures		Magnésium		Potassium		Sodium	
DATE	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI	78	WI
30-08-79	8.5	7.4	--	--	--	--	321	323	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19-09-79	8.6	7.8	.0153	.0110	.063	.089	310	321	--	--	--	--	--	--	26.9	27.2	--	--	--	--	--	--
21-11-79	8.3	7.7	.0158	.0110	.207	.108	323	329	--	--	--	--	--	--	27.2	27.2	--	--	--	--	--	--
23-04-80	8.3	7.9	.0152	.0150	.275	.281	336	327	94.0	91.5	39.8	39.0	28.4	27.2	26.6	27.3	7.9	7.7	1.6	1.5	12.8	12.6
09-10-80	8.4	7.6	.0157	.0190	.119	.143	317	310	89.0	86.3	37.1	35.7	27.4	26.6	27.0	26.9	8.2	8.0	1.4	1.5	12.7	12.4
21-03-81	8.3	8.0	.0131	.0092	.289	.143	342	331	96.5	98.0	39.5	39.2	28.7	24.4	26.9	26.5	7.9	8.0	1.4	1.3	12.9	12.5
08-04-81	8.5	8.0	.0124	.0105	.248	.256	319	322	96.1	94.0	39.2	39.0	25.4	26.5	26.3	25.8	8.0	7.7	1.4	1.3	12.6	12.2
29-04-81	8.4	7.7	.0129	.0128	--	--	320	320	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21-05-81	8.4	8.1	.0116	.0108	--	--	333	346	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17-06-81	8.7	7.4	.0208	.0082	--	--	333	333	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15-07-81	8.8	8.0	.0237	.0163	--	--	311	321	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13-08-81	7.4	7.7	.0173	.0109	.036	.102	309	315	83.2	--	34.7	34.5	21.9	25.5	26.4	27.6	8.0	--	--	--	12.8	12.1
16-09-81	8.4	7.7	.0163	.0108	--	--	317	315	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
08-10-81	8.3	7.9	.0168	.0109	--	--	319	323	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20-11-81	8.2	7.7	.0156	.0084	.217	.211	321	330	93.7	90.6	38.4	37.8	26.5	28.9	26.4	25.8	7.9	7.7	1.4	1.4	12.6	12.2
08-12-81	8.1	8.0	.0133	.0107	--	--	316	331	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
28-04-82	8.2	7.9	.0123	.0093	.312	.276	302	332	98.5	85.7	39.2	39.6	27.6	26.4	26.4	26.4	8.0	7.8	1.4	1.4	12.5	12.4
20-05-82	8.4	8.0	.0109	.0157	--	--	306	324	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16-06-82	8.6	7.5	.0127	.0122	--	--	356	329	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14-07-82	8.6	7.3	.0192	.0080	--	--	317	329	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18-08-82	8.5	7.5	.0173	.0173	--	--	311	315	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15-09-82	8.2	7.6	.0136	.0105	.088	.072	310	315	90.5	89.7	36.1	36.1	28.2	27.4	25.9	26.0	8.0	7.9	1.4	1.3	12.3	11.9
14-10-82	8.2	7.7	.0152	.0112	--	--	310	326	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17-11-82	7.9	7.9	.0164	.0074	.236	.199	320	326	93.9	96.5	36.9	37.9	28.0	28.3	25.6	25.7	7.8	8.0	1.4	1.4	12.2	12.4
16-03-83	8.3	7.8	.0116	.0196	.331	.281	347	321	93.6	92.9	37.5	38.2	28.5	28.1	25.8	25.2	8.0	7.8	1.4	1.4	12.1	12.0

Annexe D
Données sur les éléments nutritifs

Tableau D-1. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le phosphore total (mg/L P) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

	MOYENNES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0150	.0183	.0167	.0181	.0165	.0127	.0169	.0191	.0148	.0179	.0161	.0146	.0163
1978	.0144	.0176	.0183	.0162	.0127	.0128	.0245	.0148	.0131	.0147	.0172	.0175	.0162
1979	.0127	.0121	.0121	.0128	.0108	.0108	.0121	.0159	.0143	.0145	.0117	.0133	.0128
1980	.0188	.0130	.0104	.0119	.0104	.0139	.0196	.0219	.0136	.0124	.0114	.0125	.0141
1981	.0103	.0112	.0102	.0103	.0108	.0109	.0122	.0146	.0115	.0157	.0118	.0083	.0112
1982	.0114	.0115	.0109	.0134	.0126	.0116	.0114	.0162	.0145	.0162	.0135	.0131	.0130
1983	.0132	.0114	.0127	.0135	.0130	.0119	.0173	.0153	.0119	.0115	.0100	.0107	.0126
	ÉCARTS TYPES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0019	.0019	.0023	.0035	.0046	.0050	.0053	.0054	.0061	.0095	.0049	.0044	.0052
1978	.0045	.0074	.0065	.0063	.0063	.0067	.0107	.0098	.0050	.0055	.0075	.0077	.0077
1979	.0047	.0032	.0029	.0057	.0074	.0051	.0053	.0072	.0084	.0057	.0038	.0047	.0057
1980	.0095	.0034	.0035	.0037	.0044	.0045	.0117	.0106	.0041	.0049	.0033	.0036	.0072
1981	.0029	.0038	.0024	.0059	.0034	.0043	.0047	.0042	.0062	.0060	.0037	.0022	.0046
1982	.0043	.0054	.0015	.0065	.0036	.0077	.0052	.0067	.0053	.0092	.0061	.0028	.0058
1983	.0034	.0021	.0042	.0025.	.0036	.0022	.0128	.0118	.0028	.0061	.0042	.0025	.0060

Nombre d'observations : 2403 Écart type : .0063
Moyenne : .0137 Médiane : .0123

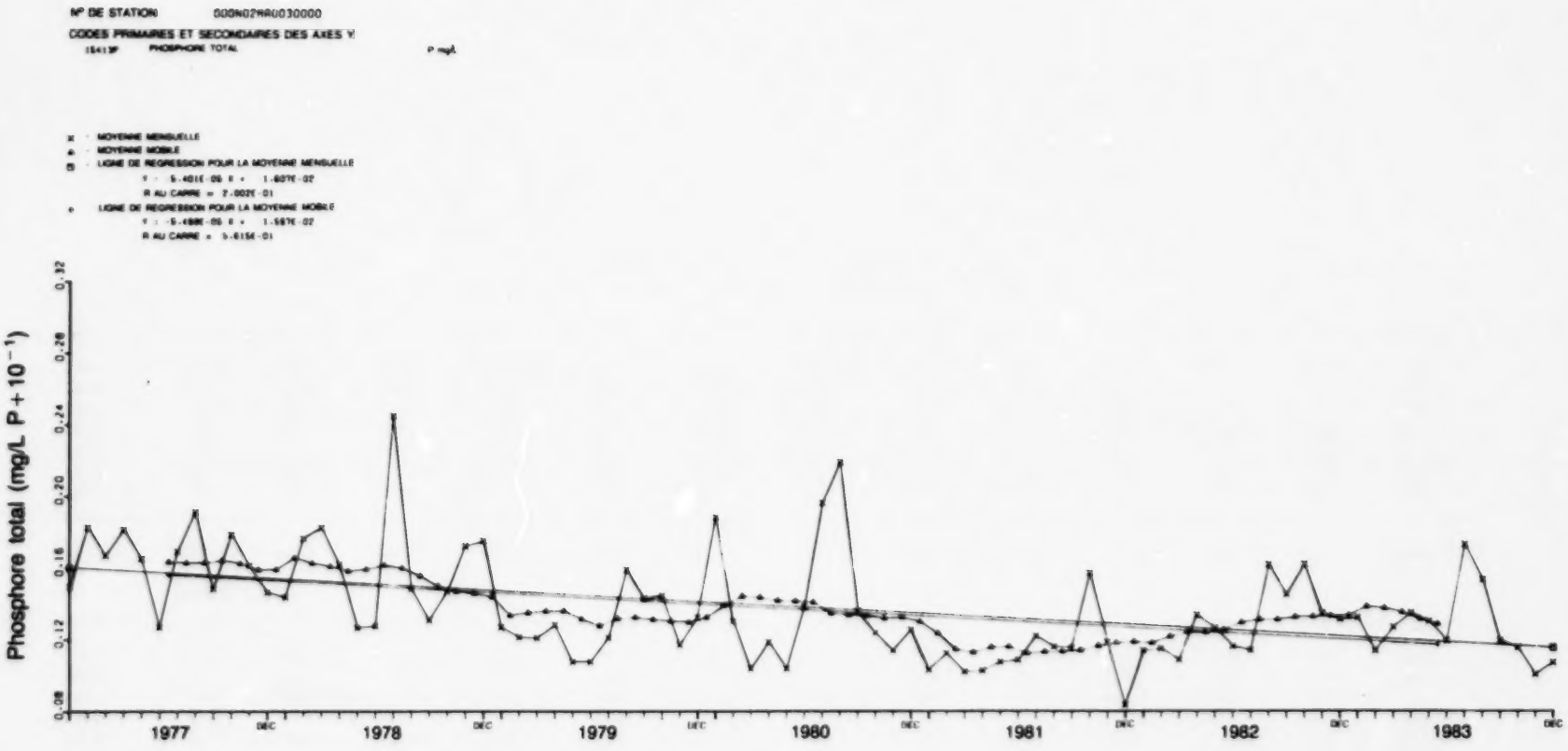

Figure D-1. Concentrations de phosphore total à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau D-2. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour les nitrates + nitrites (mg/L N) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977													
1978	.298	.315	.294	.315	.243	.188	.136	.108	.109	.223	.218	.238	.225
1979	.260	.308	.328	.262	.224	.189	.201	.082	.120	.181	.197	.252	.221
1980	.284	.333	.295	.305	.262	.215	.150	.100	.129	.122	.169	.223	.215
1981	.276	.272	.276	.286	.258	.225	.207	.123	.089	.135	.213	.262	.217
1982	.278	.272	.273	.275	.265	.242	.170	.090	.179	.190	.271	.245	.227
1983	.263	.310	.349	.321	.280	.258	.204	.145	.122	.185	.218	.256	.243
	.308	.311	.322	.293	.313	.251	.170	.138	.064	.111	.119	.260	.228

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977													
1978	.052	.018	.041	.034	.044	.029	.059	.034	.071	.112	.037	.031	.087
1979	.068	.067	.039	.084	.090	.055	.091	.046	.097	.019	.053	.068	.095
1980	.038	.026	.051	.091	.078	.059	.073	.057	.098	.095	.033	.041	.101
1981	.071	.027	.037	.051	.045	.056	.100	.061	.055	.047	.040	.055	.086
1982	.022	.053	.029	.024	.051	.129	.084	.107	.104	.070	.114	.061	.096
1983	.051	.054	.029	.078	.087	.077	.082	.098	.077	.066	.060	.021	.095
	.079	.043	.075	.014	.079	.036	.084	.130	.043	.056	.044	.052	.109

Nombre d'observations : 2379 Écart type : 0.096
Moyenne : 0.225 Médiane : 0.237

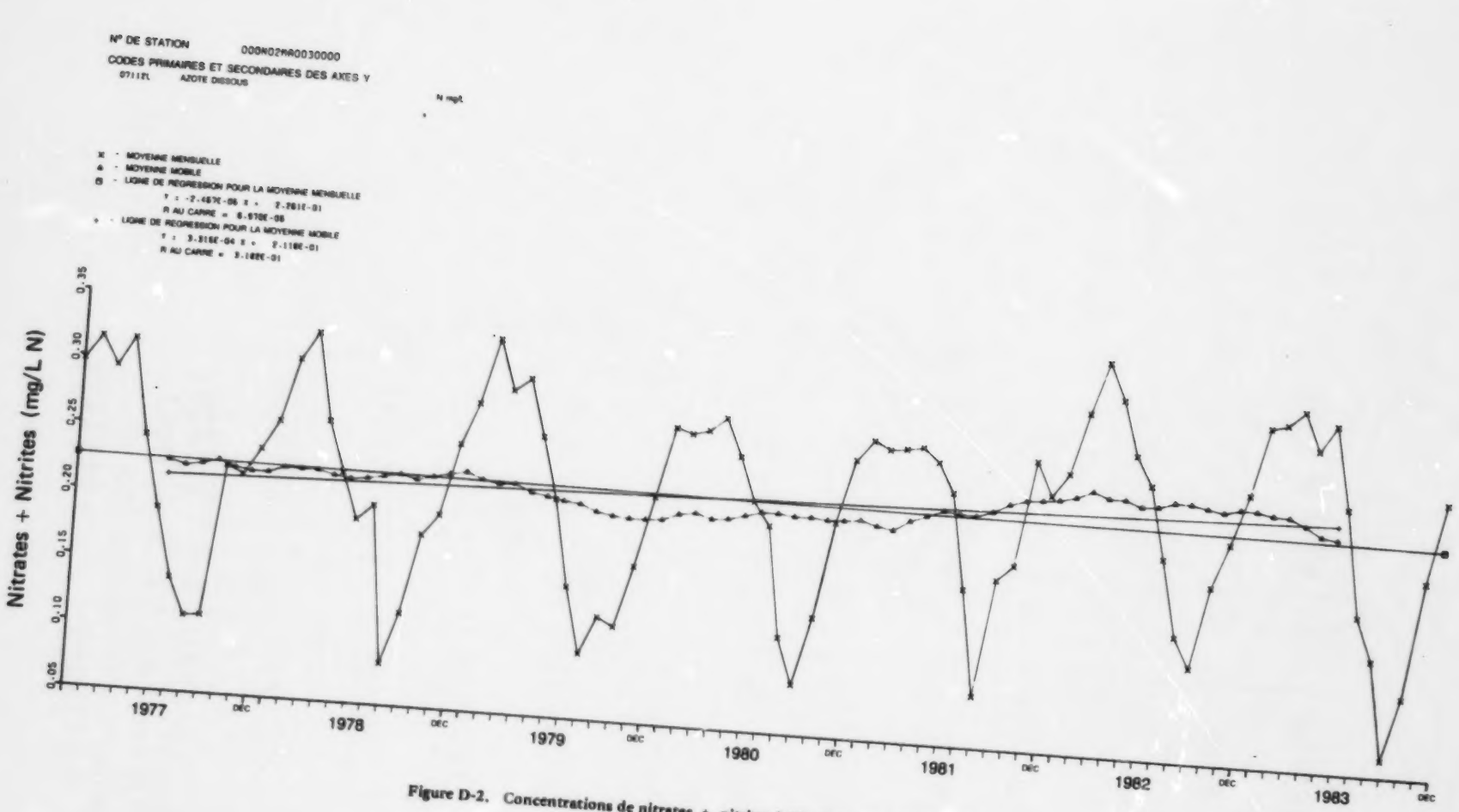

Figure D-2. Concentrations de nitrates + nitrites à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau D-3. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour l'azote total Kjeldahl (mg/L N) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

	MOYENNES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.193	.196	.215	.248	.268	.282	.274	.256	.241	.231	.177	.212	.233
1978	.214	.210	.171	.206	.235	.255	.197	.215	.181	.159	.146	.115	.191
1979	.100	.108	.132	.217	.247	.225	.229	.258	.237	.239	.225	.225	.203
1980	.247	.220	.213	.209	.225	.233	.248	.266	.237	.219	.201	.199	.226
1981	.187	.198	.196	.219	.217	.296	.233	.298	.322	.226	.251	.201	.237
1982	.224	.250	.208	.220	.218	.235	.230	.260	.235	.244	.242	.231	.233
1983	.220	.233	.194	.229	.239	.240	.227	.237	.214	.259	.230	.244	.231
	ÉCARTS TYPES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.016	.012	.027	.041	.051	.051	.041	.044	.065	.031	.023	.025	.051
1978	.038	.048	.018	.079	.053	.048	.040	.107	.038	.018	.033	.022	.061
1979	.019	.011	.034	.052	.052	.018	.025	.053	.026	.038	.021	.025	.063
1980	.053	.020	.026	.025	.035	.024	.039	.026	.060	.019	.019	.017	.038
1981	.018	.021	.018	.023	.038	.082	.038	.134	.161	.021	.042	.023	.080
1982	.050	.056	.023	.041	.051	.038	.033	.062	.038	.027	.042	.040	.045
1983	.021	.034	.057	.020	.028	.036	.041	.102	.040	.062	.023	.034	.049

Nombre d'observations : 2424 Écart type : 0.059
Moyenne : 0.222 Médiane : 0.218

Annexe E

Données sur les ions principaux et la conductivité spécifique

Tableau E-1. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le calcium (mg/L Ca) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	39.6	40.3	40.1	38.5	38.0	38.1	39.1	38.0	37.4	38.6	38.4	38.5	38.7
1978	37.8	39.7	39.5	38.5	37.9	37.8	37.6	34.9	37.5	38.8	38.7	38.6	38.1
1979	39.2	38.3	39.1	39.4	36.1	37.8	37.8	34.7	36.1	36.6	37.3	38.6	37.8
1980	39.5	39.4	39.0	38.0	37.7	38.2	36.6	34.8	35.0	36.2	37.8	37.9	37.5
1981	38.7	39.2	38.5	38.7	38.1	37.6	35.7	34.3	35.5	36.7	37.6	38.7	37.4
1982	39.7	40.0	39.5	39.1	39.7	38.4	37.9	35.0	36.3	37.8	38.0	38.0	38.3
1983	38.8	37.5	38.5	38.4	37.8	38.8	37.9	36.0	34.4	35.7	36.8	37.1	37.3

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	1.4	.7	.6	1.3	1.1	.3	.2	2.1	.5	.5	.2	.2	1.2
1978	.7	.2	.2	.4	1.4	.8	.3	.8	2.2	.8	.3	.2	1.3
1979	.6	.4	1.3	.5	.9	1.1	1.7	.5	.2	.6	.3	.8	1.6
1980	.4	.2	.4	1.3	.4	.3	1.2	.3	.2	1.0	.8	.7	1.6
1981	.6		1.0	.8	.4	1.7	.9	.7	.9	.2	.4	.5	1.6
1982	.3	.5	.7	.8	.8	1.6	1.4	.4	.6	.8	.2	.2	1.6
1983	.6	.1	.9	.2	1.1	.5	1.4	2.1	.6	.4	.4	.2	1.4

Nombre d'observations : 326 Écart type : 1.6
Moyenne : 37.9 Médiane : 38.2

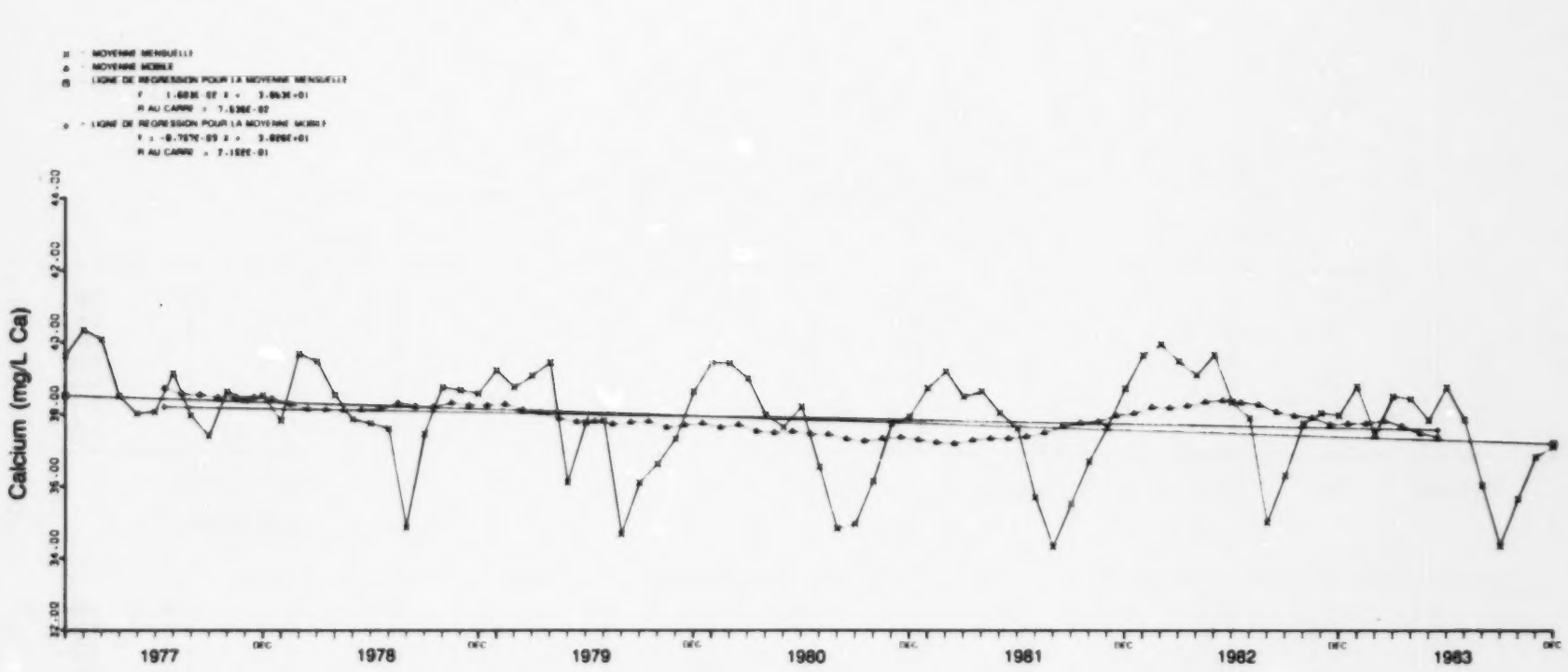

Figure E-1. Concentrations de calcium à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau E-2. **Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le magnésium (mg/L Mg) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983**

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	8.3	7.9	7.9	7.6	7.4	7.6	7.9	8.0	7.9	7.9	8.3	8.2	7.9
1978	7.8	8.1	8.4	8.0	7.7	7.8	8.0	7.9	8.1	8.2	8.0	7.9	8.0
1979	8.1	8.1	7.9	7.9	7.8	7.7	8.0	8.0	8.0	7.9	8.0	8.1	8.0
1980	8.2	8.1	8.1	7.6	7.6	7.8	7.9	8.0	8.0	8.1	8.1	7.9	8.0
1981	8.0	8.1	7.7	7.9	7.7	7.6	8.0	7.8	8.0	7.9	7.6	7.8	7.8
1982	7.6	7.8	7.9	7.7	7.7	7.7	7.7	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0	7.8
1983	8.0	7.9	7.9	7.9	7.8	8.0	8.2	8.2	8.1	7.9	7.9	7.7	7.9

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.2	.2	.3	.4	.3	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.3
1978	.1	.1	.2	.2	.3	.1	.1	.1	.1	.1	.0	.1	.2
1979	.1	.1	.3	.1	.5	.1	.1	.0	.0	.2	.0	.1	.2
1980	.1	.1	.1	.3	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.2
1981	.1		.2	.2	.1	.2	.1	.1	.2	.2	.1	.2	.2
1982	.1	.3	.3	.3	.2	.2	.2	.1	.1	.1	.1	.1	.2
1983	.2	.0	.1	.2	.3	.1	.1	.2	.2	.1	.1	.1	.2

Nombre d'observations : 329 Écart type : 0.2
Moyenne : 7.9 Médiane : 7.9

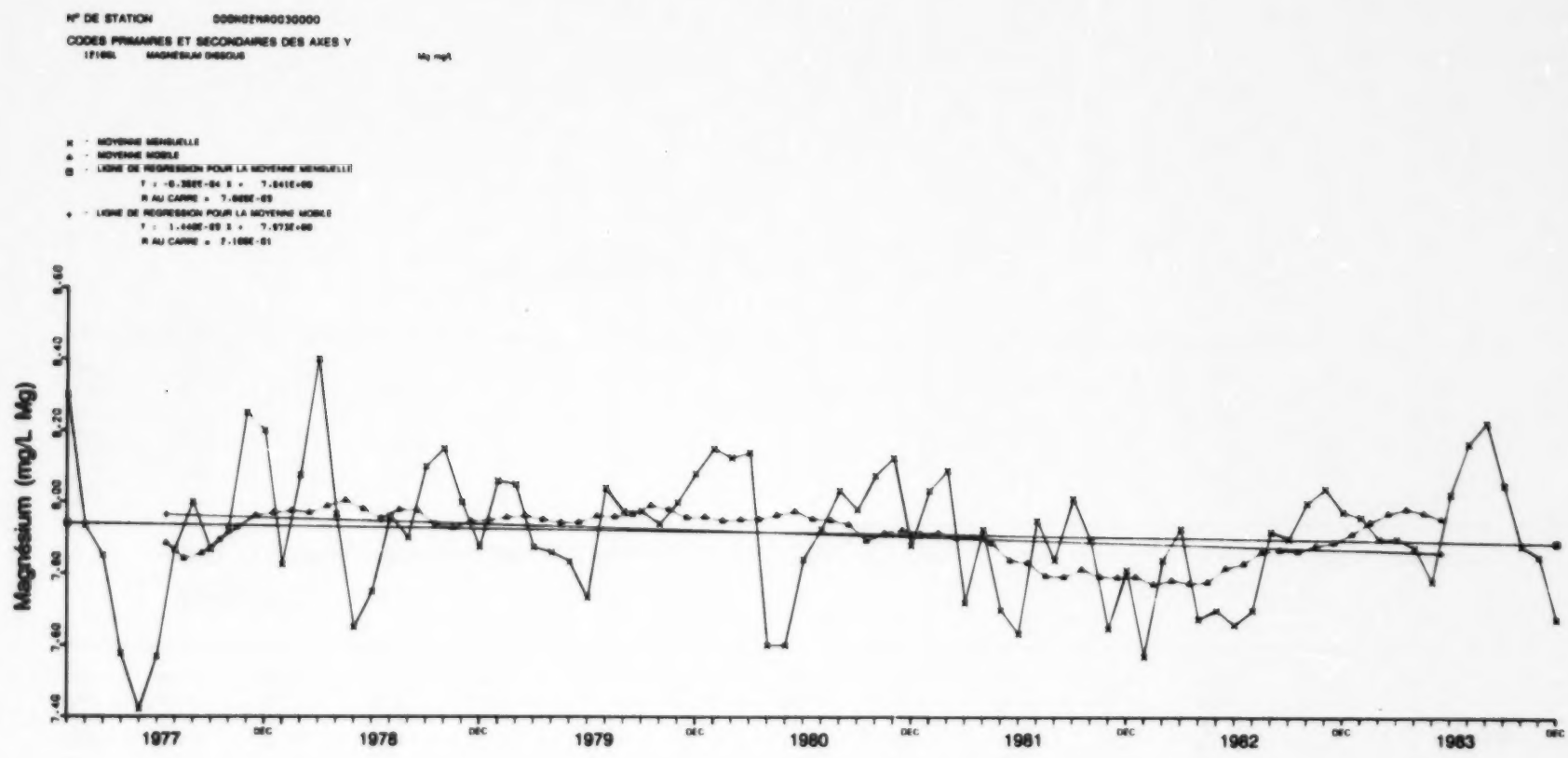

Figure E-2. Concentrations de magnésium à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau E-3. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour les sulfates (mg/L SO_4) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	27.8	28.4	27.2	26.1	25.8	25.9	27.0	28.0	26.6	26.0	27.2	27.4	26.9
1978	26.7	27.9	27.4	26.7	25.5	26.0	26.3	26.6	27.1	26.8	26.2	28.1	26.7
1979	27.4	26.8	26.5	26.8	26.5	26.2	26.2	25.4	28.2	27.0	26.9	26.5	26.7
1980	25.9	26.8	26.3	26.4	26.7	26.0	26.8	26.4	26.6	26.5	27.6	27.2	26.6
1981	27.9	25.7	25.4	24.0	24.7	24.6	25.1	25.9	26.6	25.7	30.4	27.4	26.2
1982	25.4	26.1	28.0	27.2	27.2	27.0	27.2	27.6	27.6	28.0	27.8	28.4	27.3
1983	28.2	27.9	28.0	28.1	27.8	28.8	28.6	28.2	28.1	28.5	28.0	27.7	28.1

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.5	.1	.7	.6	.6	.3	.5	.2	.7	.7	.1	.1	1.0
1978	.5	.1	1.0	.3	1.4	.9	.4	.1	1.1	.6	1.6	.2	1.0
1979	1.3	.5	1.0	.6	1.0	1.1	1.5	2.0	.7	1.2	.4	.4	1.2
1980	.8	.1	.9	.8	.5	.9	.3	.4	.2	.4	.3	1.0	.7
1981	.3		1.3	1.7	1.0	.5	.1	.3	.2	1.3	1.7	1.5	2.2
1982	.5	1.3	1.0	1.0	.9	.6	.4	.4	.2	.7	.4	.2	1.0
1983	.2	.3	.3	.2	.8	.2	.1	.3	.3	.5	.1	.3	.4

Nombre d'observations : 330 Écart type : 1.3
Moyenne : 27.0 Médiane : 27.0

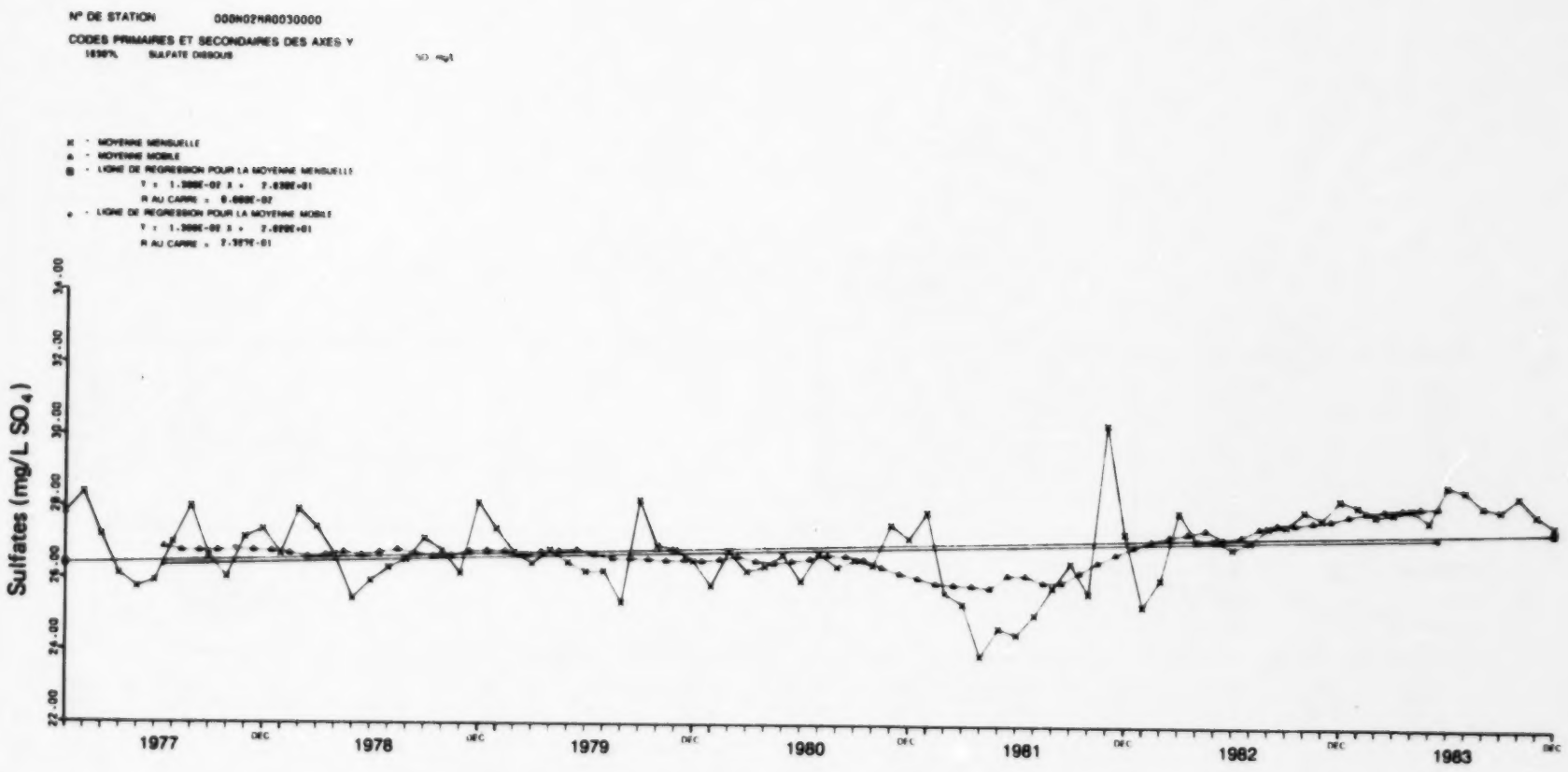

Figure E-3. Concentrations de sulfates à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau E-4. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour les chlorures (mg/L Cl) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	28.0	28.7	27.9	26.7	26.8	26.8	27.7	28.9	27.4	27.5	28.0	26.9	27.5
1978	27.3	28.3	28.5	27.0	26.2	27.7	27.1	27.3	28.2	27.1	27.7	27.2	27.4
1979	27.6	27.9	27.2	26.7	26.1	27.4	27.2	27.5	27.0	27.8	27.2	27.3	27.2
1980	27.3	27.5	27.4	26.3	26.3	27.0	26.3	26.7	26.7	27.0	27.0	26.5	26.8
1981	26.8	27.6	26.1	26.0	25.7	26.1	25.4	26.6	26.4	26.2	26.0	26.4	26.1
1982	26.1	25.4	26.2	25.8	26.1	25.9	25.8	25.9	26.2	25.9	25.7	26.2	25.9
1983	25.9	25.8	25.7	26.0	25.4	26.3	25.4	24.5	25.4	26.0	25.4	25.2	25.6

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.5	.2	.6	.8	.7	.3	.6	1.3	.5	.9	1.5	.6	1.0
1978	.7	.2	1.0	.6	1.6	.7	.5	.4	.6	.1	.5	.3	.9
1979	.3	.5	.8	.5	1.1	1.0	.4	.3	.3	1.2	.4	.1	.8
1980	.4	.1	.3	1.1	1.0	.9	.4	.3	.4	.2	.5	.2	.6
1981	.2		.6	.2	.1	1.7	.2	.9	.2	.2	.4	.1	.7
1982	.3	1.0	1.4	.6	.9	.4	.3	.5	.2	.2	.1	.6	.7
1983	.1	.2	.3	.2	1.0	.5	.3	.7	.1	1.4	.3	.1	.7

Nombre d'observations : 335 Écart type : 1.1
Moyenne : 26.6 Médiane : 26.6

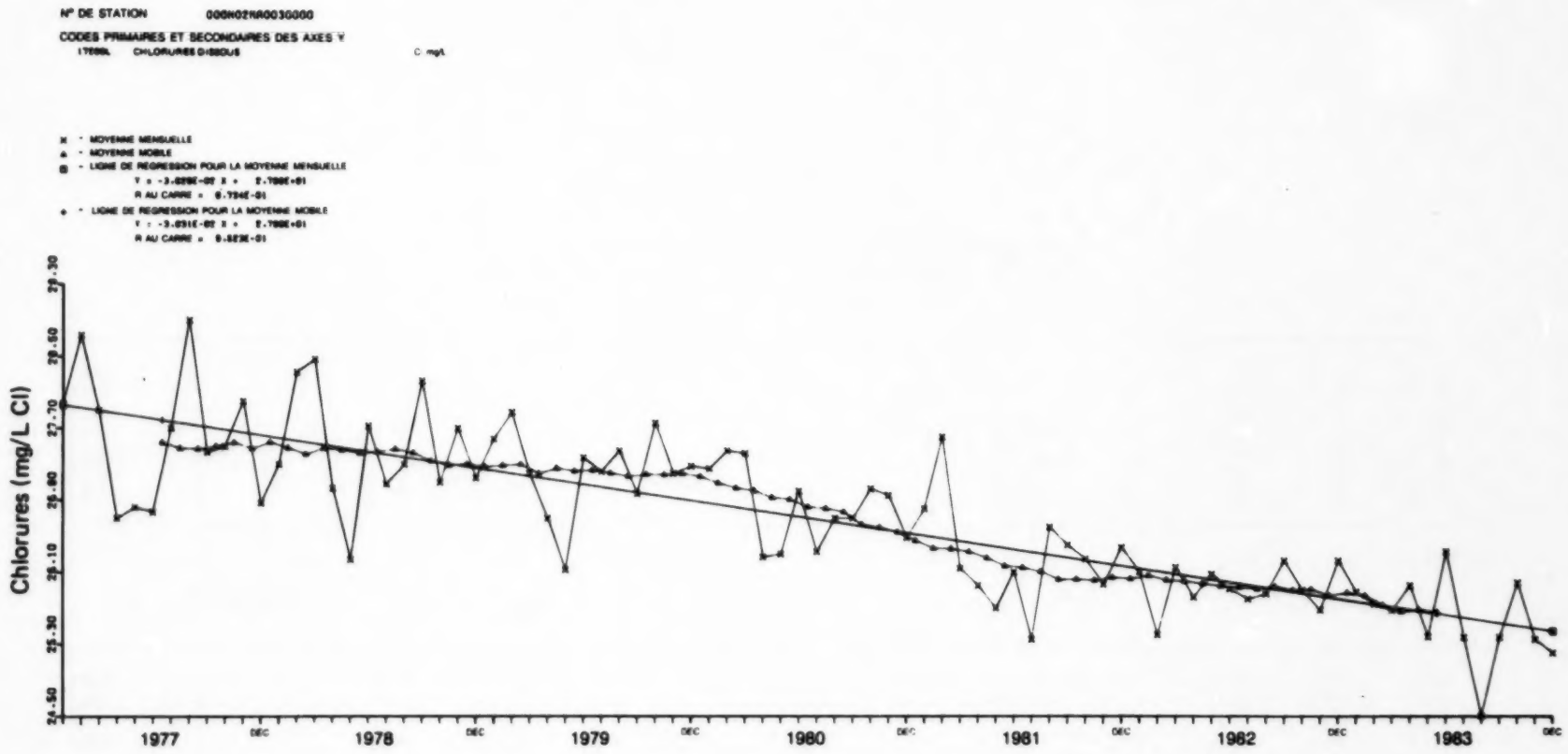

Figure E-4. Concentrations de chlorures à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau E-5. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le sodium (mg/L Na) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	12.6	13.8	13.2	12.3	12.2	12.8	13.1	13.3	13.0	13.1	13.2	13.2	12.9
1978	12.9	13.1	13.2	12.8	12.4	12.8	12.7	13.0	13.0	12.8	12.9	12.9	12.9
1979	13.0	12.9	12.8	12.7	12.4	12.9	13.0	13.1	13.0	13.4	12.9	12.9	12.9
1980	12.8	13.2	12.6	12.3	12.4	12.8	12.7	12.4	12.6	12.5	12.4	12.4	12.6
1981	12.5	13.1	12.3	12.3	12.4	12.5	12.1	12.2	12.3	12.2	12.2	12.5	12.3
1982	12.6	12.7	12.7	12.2	12.4	12.3	12.4	12.3	11.9	12.2	12.3	12.3	12.4
1983	12.3	12.1	12.0	12.2	12.1	12.5	11.9	12.1	12.1	12.4	12.4	12.4	12.2

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.3	.0	.2	.5	.4	.2	.1	.1	.2	.1	.3	.2	.5
1978	.3	.1	.1	.3	.6	.6	.2	.1	.0	.1	.1	.1	.4
1979	.2	.1	.5	.2	.4	.5	.3	.1	.1	.3	.4	.2	.3
1980	.1	.1	.3	.4	.1	.3	.2	.1	.2	.1	.1	.1	.3
1981	.1		.2	.3	.1	.6	.1	.2	.1	.2	.1	.1	.3
1982	.1	.1	.2	.2	.2	.1	.0	.3	.1	.4	.1	.1	.3
1983	.1	.1	.2	.1	.5	.4	.1	.1	.2	.1	.1	.1	.3

Nombre d'observations : 336 Écart type : 0.4
Moyenne : 12.6 Médiane : 12.5

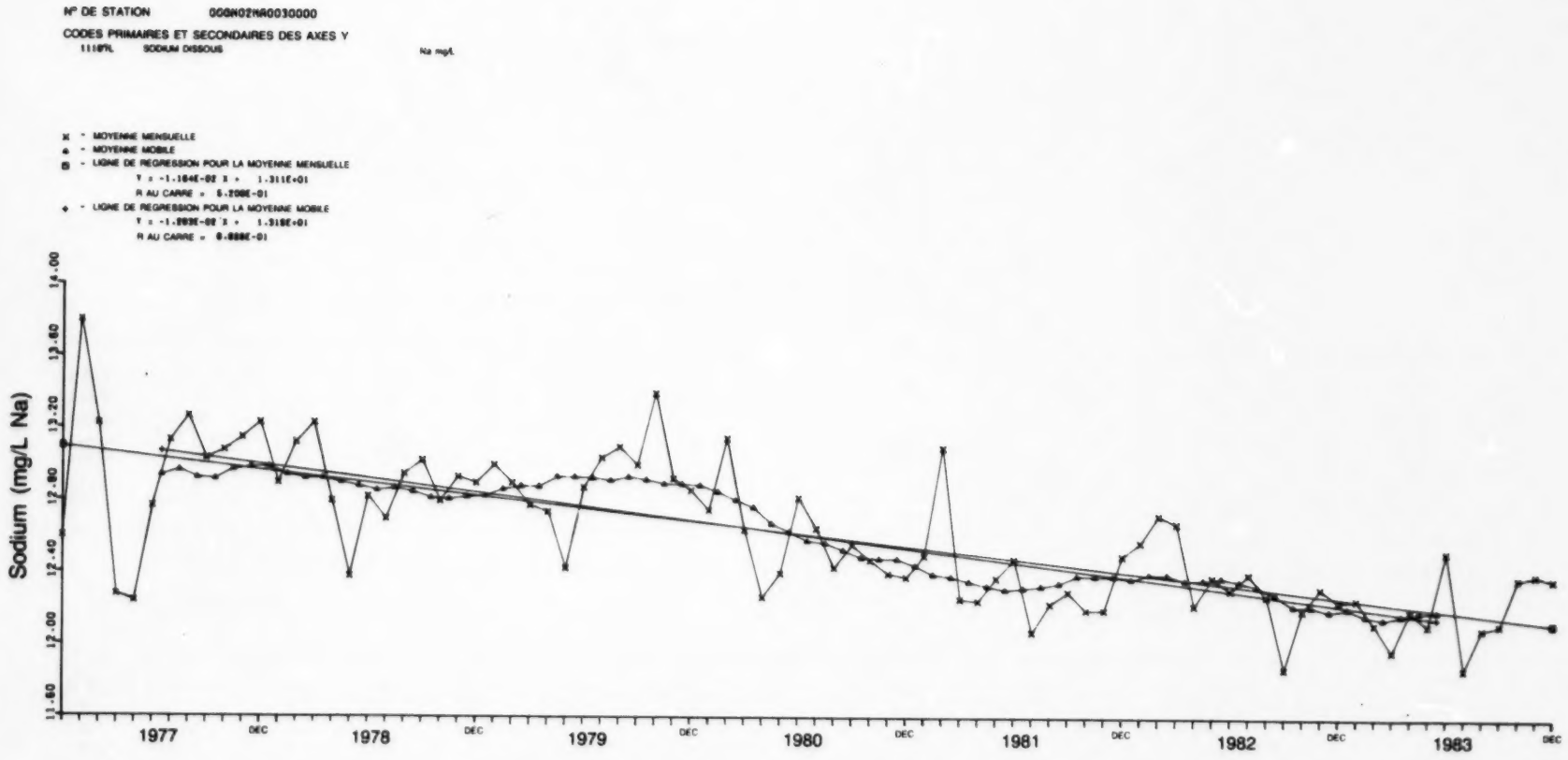

Figure E-5. Concentrations de sodium à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau E-6. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le potassium (mg/L K) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
1978	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4
1979	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
1980	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
1981	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
1982	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
1983	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	0.1
1978	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.1	.1	0.1
1979	.0	.1	.1	.0	.3	.1	.0	.1	.1	.0	.1	.0	0.1
1980	.0	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	0.1
1981	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	0.1
1982	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.0	.0	0.1
1983	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	0.0

Nombre d'observations : 328 Écart type : 0.1
Moyenne : 1.4 Médiane : 1.4

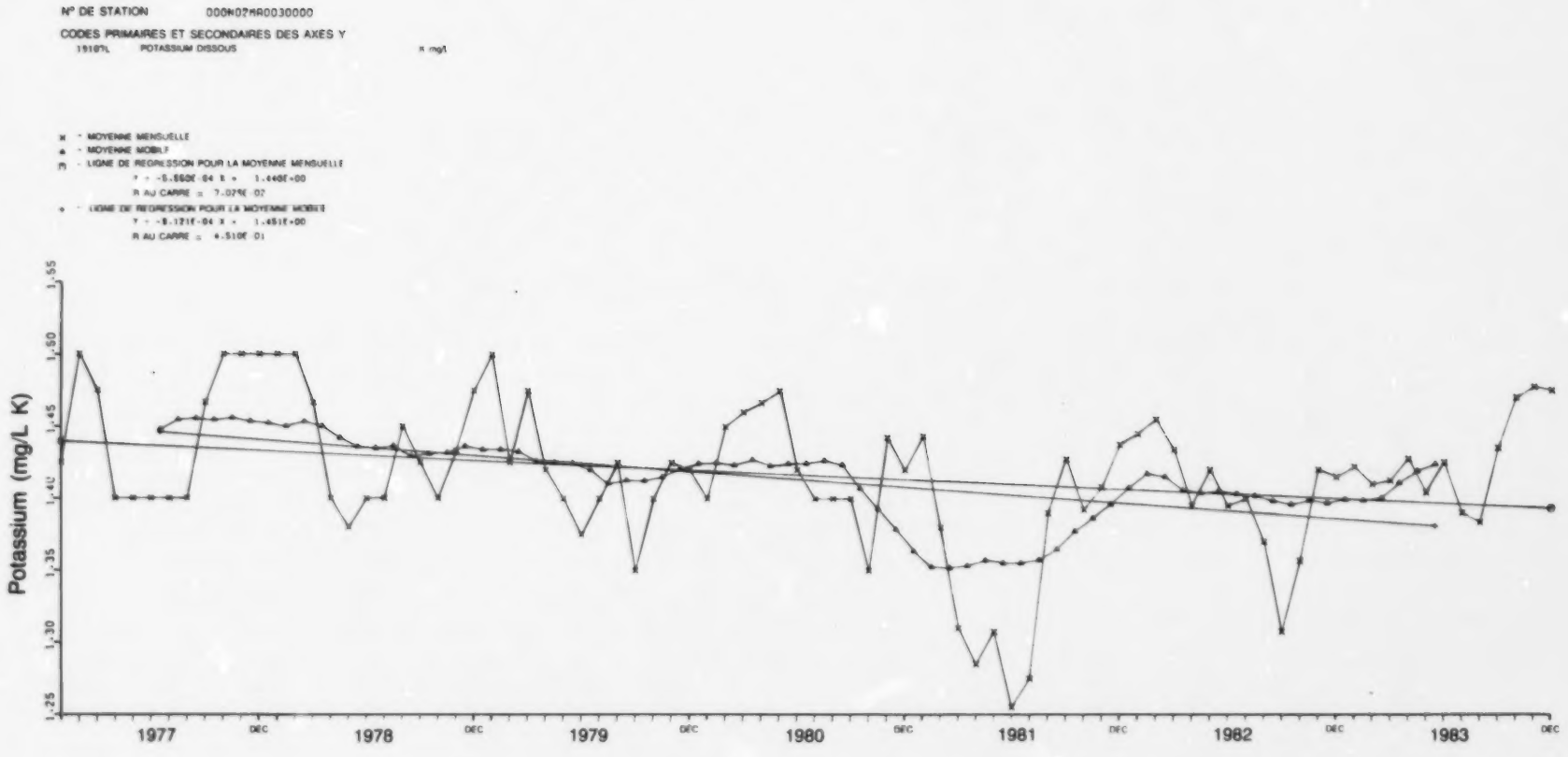

Figure E-6. Concentrations de potassium à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau E-7. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour la conductivité spécifique (µS/cm) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

	MOYENNES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	340.	341.	338.	322.	323.	330.	325.	321.	328.	335.	335.	336.	331.
1978	339.	341.	342.	334.	324.	331.	329.	324.	322.	329.	332.	334.	332.
1979	338.	338.	338.	335.	326.	332.	332.	321.	322.	326.	330.	332.	331.
1980	332.	337.	336.	328.	324.	334.	325.	315.	317.	320.	328.	326.	327.
1981	334.	334.	329.	331.	337.	327.	322.	319.	320.	327.	326.	330.	328.
1982	334.	338.	336.	332.	328.	326.	329.	319.	317.	325.	325.	322.	328.
1983	327.	328.	331.	330.	325.	330.	325.	322.	308.	317.	324.	327.	325.

	ÉCARTS TYPES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	6.	2.	3.	8.	8.	6.	9.	11.	6.	5.	2.	2.	9.
1978	5.	2.	2.	4.	12.	7.	6.	8.	6.	5.	2.	5.	9.
1979	3.	7.	4.	5.	10.	6.	9.	5.	3.	3.	2.	3.	8.
1980	7.	2.	3.	6.	.6.	6.	9.	6.	6.	8.	6.	18.	10.
1981	3.	8.	5.	7.	10.	10.	4.	10.	7.	8.	2.	2.	9.
1982	5.	4.	3.	4.	6.	5.	3.	7.	6.	5.	4.	6.	8.
1983	7.	3.	5.	5.	7.	7.	6.	15.	10.	3.	3.	2.	9.

Nombre d'observations : 2428 Écart type : 9.0
Moyenne : 329 Médiane : 329

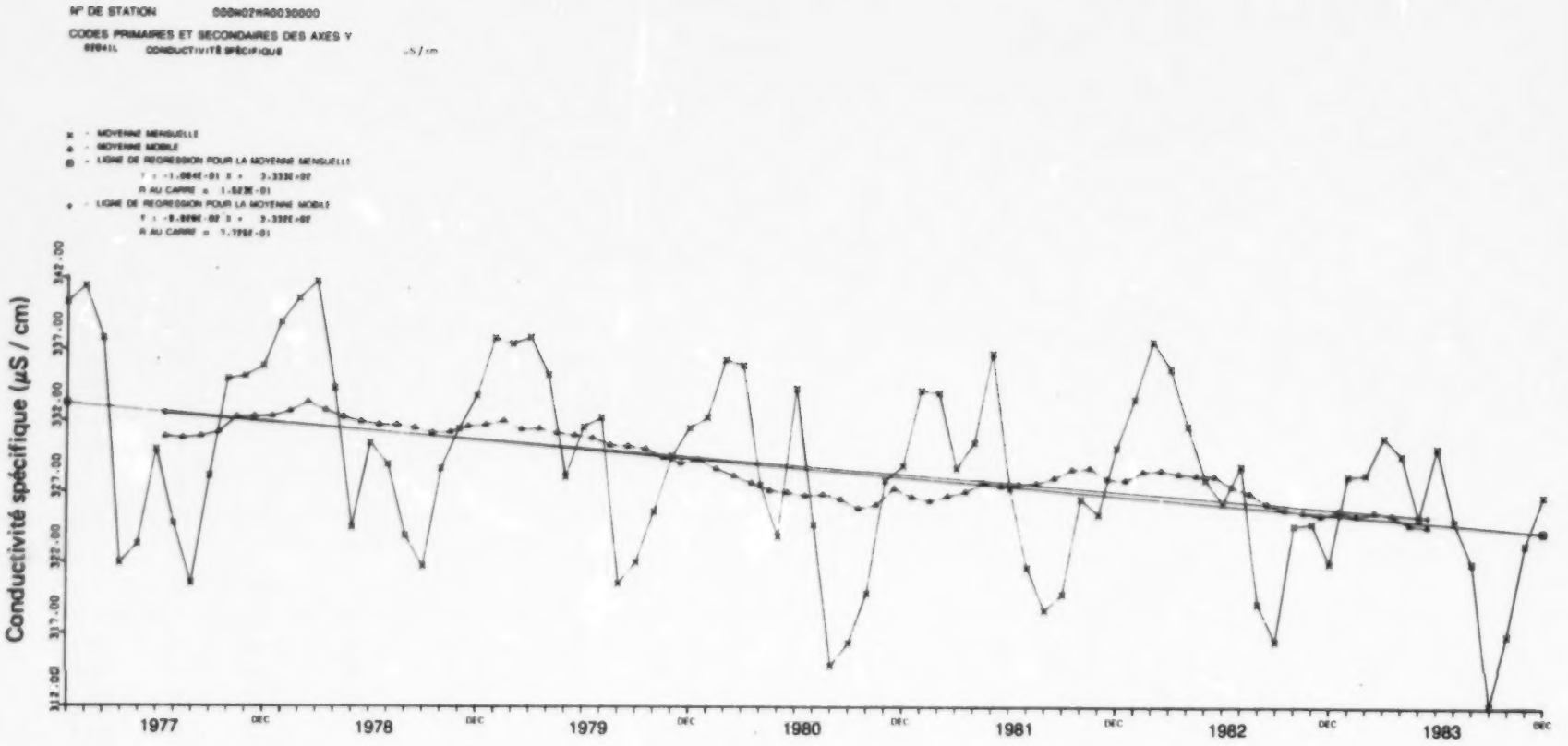

Figure E-7. Conductivité spécifique à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Tableau E-8. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour l'alcalinité totale (mg/L $CaCO_3$) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	93.1	92.3	90.7	87.4	87.8	90.4	91.3	85.5	86.3	91.3	90.0	91.1	89.8
1978	88.8	92.0	90.9	92.7	89.5	88.0	86.8	79.8	87.4	90.6	89.6	93.4	89.3
1979	94.4	94.8	94.8	93.2	91.3	93.8	92.9	82.0	82.6	90.4	89.8	92.7	91.2
1980	91.3	92.8	92.6	88.6	89.0	91.3	85.5	82.8	82.8	87.0	94.0	89.3	89.0
1981	94.3	99.0	94.2	89.5	92.0	90.6	83.5	84.5	95.4	89.1	89.5	91.8	90.6
1982	97.3	99.0	98.1	95.0	97.1	95.4	93.1	92.3	93.9	98.3	94.8	92.8	95.5
1983	94.7	91.8	93.6	93.1	89.4	96.4	98.4	95.2	83.1	85.9	89.7	94.0	91.9

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	2.0	.5	2.1	2.8	2.0	.4	1.0	3.5	1.3	4.9	1.6	.4	3.2
1978	1.6	2.4	3.3	3.2	3.6	2.0	2.1	4.6	4.2	.2	.6	2.0	3.8
1979	1.6	1.2	2.6	1.9	13.8	3.7	5.2	.7	4.5	7.2	1.3	2.7	5.9
1980	.1	1.2	3.7	3.7	1.6	1.6	.7	.3	.5	3.6	3.6	8.2	4.7
1981	4.6		2.4	3.7	1.4	4.9	7.4	1.4	8.4	7.3	1.2	2.2	5.5
1982	1.5	1.2	3.2	7.2	1.6	4.3	7.9	1.7	2.9	1.6	3.1	2.8	4.1
1983	4.7	3.5	1.4	1.2	2.6	.3	3.9	4.3	4.2	6.5	1.2	1.0	5.4

Nombre d'observations : 326 Écart type : 5.2
Moyenne : 91.1 Médiane : 91.0

Figure E-8. Alcalinité totale à l'île Wolfe, de 1977 à 1983.

Annexe F
Données sur les métaux à l'état de traces

Tableau F-1. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le fer total (mg/L Fe) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.033	.020	.138	.090	.042	.060	.044	.052	.038	.040	.052	.045	.056
1978	.048	.041	.046	.042	.064	.055	.209	.260	.363	.151	.202	.252	.127
1979	.052	.023	.060	.115	.039	.020	.015	.026	.036	.056	.053	.048	.047
1980	.056	.054	.097	.101	.093	.069	.060	.225	.144	.116	.063	.082	.093
1981	.112	.060	.162	.125	.058	.036	.047	.062	.088	.101	.082	.228	.095
1982	.267	.122	.148	.183	.148	.204	.168	.167	.095	.069	.130	.183	.155
1983	.184	.128	.075	.153	.121	.066	.057	.053	.051	.085	.118	.115	.103

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.012	.006	.101	.018	.022	.015	.015	.021	.024	.011	.015	.013	.044
1978	.018	.011	.036	.013	.028	.034	.191	.191	.061	.078	.293	.169	.140
1979	.029	.007	.035	.070	.020	.014	.006	.026	.007	.016	.025	.025	.038
1980	.023	.013	.060	.034	.055	.040	.031	.177	.051	.046	.012	.020	.058
1981	.093	.003	.105	.023	.023	.017	.012	.040	.021	.015	.014	.034	.066
1982	.071	.072	.134	.034	.031	.171	.050	.127	.040	.042	.010	.049	.090
1983	.050	.060	.030	.040	.066	.043	.062	.041	.016	.043	.035	.027	.059

Nombre d'observations : 333 Écart type : .083
Moyenne : .096 Médiane : .066

Tableau F-2. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le cuivre total (mg/L Cu) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0130	.0143	.0143	.0125	.0088	.0083	.0070	.0030	.0033	.0022	.0048	.0053	.0081
1978	.0040	.0038	.0030	.0048	.0067	.0058	.0083	.0065	.0045	.0053	.0050	.0108	.0056
1979	.0172	.0225	.0283	.0170	.0083	.0095	.0110	.0070	.0093	.0120	.0170	.0086	.0140
1980	.0100	.0113	.0222	.0120	.0100	.0046	.0028	.0030	.0022	.0015	.0010	.0030	.0070
1981	.0081	.0058	.0083	.0134	.0159	.0094	.0025	.0024	.0033	.0028	.0016	.0033	.0063
1982	.0038	.0020	.0110	.0053	.0060	.0060	.0128	.0072	.0113	.0073	.0092	.0030	.0072
1983	.0020	.0020	.0013	.0110	.0200	.0237	.0103	.0260	.0188	.0173	.0020	.0153	.0128

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0070	.0021	.0057	.0104	.0033	.0040	.0052	.0010	.0021	.0013	.0005	.0015	.0060
1978	.0000	.0013	.0008	.0032	.0072	.0031	.0042	.0021	.0024	.0019	.0034	.0050	.0036
1979	.0060	.0052	.0068	.0078	.0026	.0090	.0043	.0053	.0010	.0079	.0050	.0092	.0084
1980	.0060	.0100	.0071	.0066	.0141	.0033	.0017	.0010	.0013	.0006	.0000	.0017	.0083
1981	.0087	.0010	.0045	.0066	.0056	.0038	.0030	.0017	.0017	.0010	.0009	.0025	.0058
1982	.0021	.0014	.0173	.0031	.0035	.0038	.0043	.0018	.0088	.0081	.0063	.0022	.0071
1983	.0000	.0008	.0006	.0112	.0141	.0118	.0039	.0144	.0065	.0091	.0000	.0122	.0117

Nombre d'observations : 335 Écart type : .0081
Moyenne : .0087 Médiane : .0060

Tableau F-3. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le nickel total (mg/L Ni) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0018	.0020	.0020	.0023	.0026	.0030	.0040	.0013	.0017	.0018	.0013	.0017	.0021
1978	.0018	.0018	.0018	.0018	.0010	.0015	.0012	.0020	.0018	.0015	.0023	.0015	.0016
1979	.0020	.0035	.0028	.0016	.0020	.0018	.0016	.0015	.0010	.0012	.0010	.0020	.0018
1980	.0020	.0028	.0025	.0033	.0013	.0010	.0010	.0010	.0010	.0023	.0040	.0024	.0021
1981	.0026	.0018	.0015	.0008	.0011	.0020	.0013	.0012	.0010	.0010	.0010	.0010	.0013
1982	.0013	.0010	.0013	.0018	.0018	.0020	.0013	.0022	.0020	.0013	.0010	.0010	.0015
1983	.0010	.0010	.0013	.0018	.0022	.0020	.0018	.0023	.0013	.0020	.0010	.0013	.0016

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0005	.0000	.0000	.0005	.0005	.0000	.0017	.0006	.0006	.0008	.0005	.0006	.0009
1978	.0005	.0010	.0005	.0005	.0000	.0006	.0004	.0000	.0015	.0006	.0005	.0006	.0007
1979	.0012	.0024	.0017	.0005	.0012	.0005	.0005	.0007	.0000	.0004	.0000	.0017	.0012
1980	.0000	.0015	.0017	.0032	.0006	.0000	.0000		.0000	.0010	.0014	.0005	.0014
1981	.0008	.0003	.0006	.0005	.0004	.0022	.0005	.0004	.0000	.0000	.0000	.0000	.0009
1982	.0005	.0000	.0005	.0010	.0008	.0008	.0005	.0008	.0014	.0005	.0000	.0000	.0008
1983	.0000	.0000	.0006	.0005	.0008	.0008	.0010	.0005	.0005	.0000	.0000	.0005	.0007

Nombre d'observations : 338 Écart type : .0010
Moyenne : .0017 Médiane : .0010

Tableau F-4. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour le zinc total (mg/L Zn) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

MOYENNES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0060	.0030	.0038	.0035	.0016	.0017	.0023	.0120	.0043	.0056	.0028	.0047	.0038
1978	.0040	.0058	.0013	.0015	.0013	.0023	.0020	.0010	.0020	.0030	.0030	.0013	.0024
1979	.0034	.0020	.0015	.0038	.0038	.0010	.0010	.0010	.0035	.0044	.0030	.0042	.0029
1980	.0100	.0037	.0074	.0027	.0038	.0058	.0028	.0047	.0030	.0030	.0020	.0036	.0043
1981	.0049	.0040	.0038	.0036	.0013	.0028	.0013	.0012	.0010	.0010	.0010	.0033	.0024
1982	.0040	.0018	.0026	.0015	.0016	.0023	.0040	.0020	.0028	.0018	.0028	.0015	.0024
1983	.0012	.0020	.0013	.0030	.0102	.0073	.0028	.0075	.0033	.0052	.0063	.0023	.0045

ÉCARTS TYPES

	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	.0050	.0010	.0015	.0010	.0005	.0006	.0023		.0006	.0013	.0005	.0035	.0027
1978	.0027	.0059	.0005	.0006	.0005	.0005	.0017	.0000	.0012	.0026	.0010	.0005	.0024
1979	.0017	.0020	.0006	.0013	.0032	.0000	.0000	.0000	.0017	.0039	.0018	.0004	.0021
1980	.0036	.0015	.0056	.0006	.0030	.0013	.0024	.0021	.0012	.0008	.0008	.0009	.0030
1981	.0017	.0006	.0011	.0007	.0003	.0027	.0005	.0004	.0000	.0000	.0000	.0013	.0017
1982	.0027	.0010	.0026	.0010	.0009	.0006	.0008	.0007	.0024	.0015	.0027	.0006	.0017
1983	.0004	.0008	.0006	.0014	.0068	.0042	.0017	.0060	.0010	.0038	.0031	.0010	.0042

Nombre d'observations : 337 Écart type : .0028
Moyenne : .0032 Médiane : .0020

Tableau F-5. Moyennes mensuelles et annuelles et écarts types pour l'aluminium extractible (mg/L Al) à l'île Wolfe, de 1977 à 1983

	MOYENNES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1978	--	--	--	--	.037	.014	.024	.024	.017	.026	.105	.036	.035
1979	.022	.011	.038	.057	.040	.020	.041	.016	.006	.015	.015	.019	.026
1980	.013	.016	.019	.043	.054	.023	.044	.123	.059	.048	.027	.025	.039
1981	.033	.027	.049	.060	.041	.029	.041	.053	.058	.075	.061	.065	.049
1982	.135	.036	.019	.047	.030	.037	.045	.056	.030	.025	.105	.037	.050
1983	.054	.038	.020	.062	.074	.027	.019	.021	.023	.026	.038	.047	.039

	ÉCARTS TYPES												
	JANV.	FÉVR.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	ANNUELLES
1977	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1978	--	--	--	.057	.024	.003	.014	.018	.002	.005	.164	.015	.059
1979	.007	.005	.013	.047	.020	.009	.028	.010	.004	.011	.008	.009	.023
1980	.017	.008	.006	.018	.037	.014	.013	.075	.007	.015	.005	.005	.033
1981	.022	.002	.013	.014	.013	.011	.006	.018	.011	.011	.014	.022	.019
1982	.165	.011	.004	.028	.004	.019	.020	.053	.012	.014	.066	.010	.058
1983	.018	.017	.007	.016	.036	.014	.006	.010	.008	.011	.014	.021	.024

Nombre d'observations : 284 Écart type : .039
Moyenne : .040 Médiane : .030